古新星新表与科学史探索

A New Catalogue of Ancient Novae and Explorations in the History of Science

席泽宗院士自选集

Self-selected Works of Academician Xi Zezong

陕西师范大学出版社

古新星新表与科学史探索

席泽宗院士自选集

古新星新表与科学史探索

A New Catalogue of Ancient Novae and Explorations in the History of Science

Self-selected Works of Academician Xi Zezong

席泽宗院士自选集

陕西师范大学出版社

图书代号:ZH 249300

图书在版编目(CIP)数据

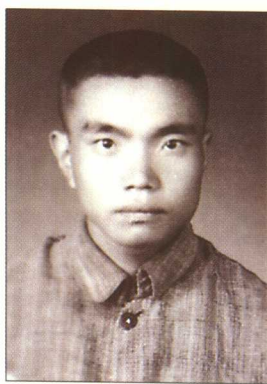
古新星新表与科学史探索/席泽宗著. —西安:陕西师范大学出版社,2002.10
ISBN 7-5613-2508-8

Ⅰ.古… Ⅱ.席… Ⅲ.①天文学-文集②自然科学史-中国-文集 Ⅳ.①P1-53
②N092-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 078727 号

责任编辑 刘九生 侯晋公
责任校对 安 雄 胡莉侠 郭健娇
封面设计 大象工作室
装帧设计 陶安涛
出版发行 陕西师范大学出版社
社　　址 西安市陕西师大 120 信箱(邮政编码 710062)
网　　址 http://www.snuph.com
经　　销 新华书店
印　　刷 河南第一新华印刷厂
开　　本 787×1092 1/16
印　　张 54.5
插　　页 16
字　　数 1192 千
版　　次 2002 年 10 月第 1 版
印　　次 2002 年 10 月第 1 次
印　　数 1-3000
定　　价 146.00 元

开户行:光大银行西安南郊支行　账号:0303070-00330004695
读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换
电　话:(029)5307864　5233753　5251046(传真)
E-mail: if-centre@snuph.com

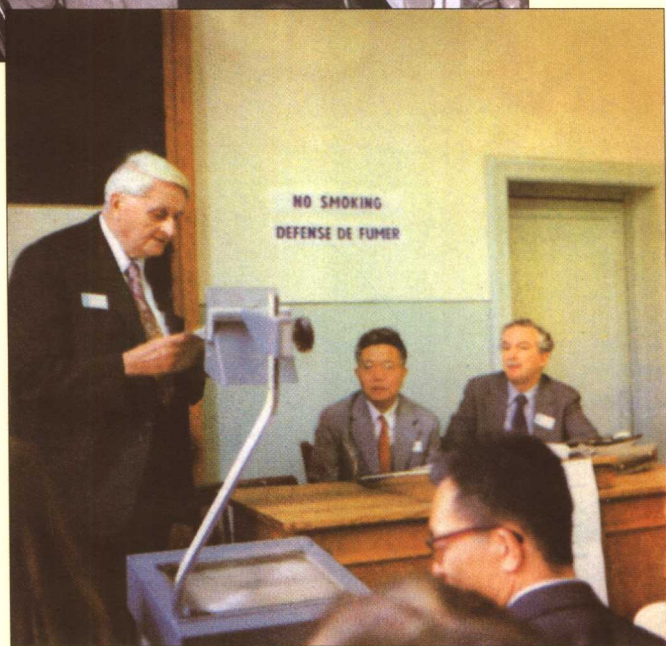
◉ 1947年，西北师院附中毕业时，全班同学在兰州黄河边大水车旁合影（前坐者左起第4人为席泽宗）

◉ 1947年，上大学途中，在南京

◉ 1950年，在中山大学做经纬仪观测
（背者为席泽宗）

◉ 并肩偕手两心知
施榴云席泽宗结婚照（1956年4月28日）

◉ 1959年，在莫斯科参加全苏科学技术史大会。（左起：李俨、菲果罗夫斯基、竺可桢、席泽宗。照片上的字为竺可桢手书）

◉ 1981年，在京都大学教授薮内清（左三）陪同下，参观京都青少年科技中心

◉ 1981年，在河南登封，为青少年讲解天文知识

◉ 1981年，在罗马尼亚国际科学史大会上。左起:李约瑟（英）、席泽宗（中）、席文（美）

◉ 1983年，在香港大学主持第二届中国科学史讨论会，报告人为夏鼐

◉ 1984年，在第三届国际科学史讨论会开幕式主席台上。左起：席泽宗、钱临照、严济慈、李约瑟（英）

◉ 1984年，庆祝紫金山天文台成立50周年。前排左起：李鑑澄、孙克定、张钰哲、陈遵妫、陈展云；中排：王绶琯、席泽宗、罗定江；后排：叶叔华、苗永瑞、李元、吴守贤

◉ 1985年，参加第19届国际天文学联合会大会，在印度新德里古天文台

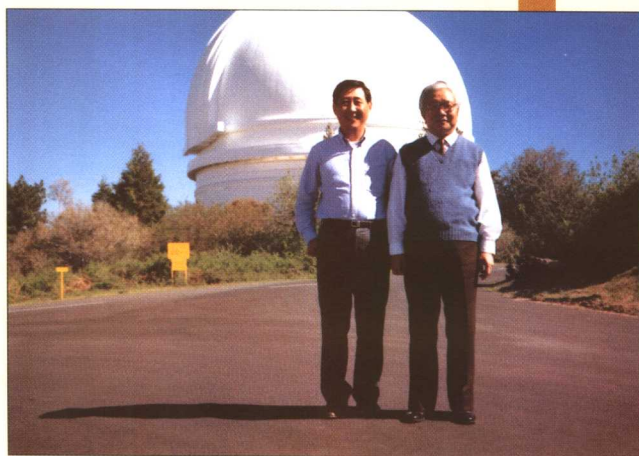
◉ 1987年，在北京“秦九韶《数书九章》成书740周年纪念暨学术研讨国际会议”开幕式上致词。左起：席泽宗、李倍始（比利时）、席文（美）、焦蔚芳（美）、道脇义正（日）

◉ 1987年，在武夷山，卢嘉锡与席泽宗

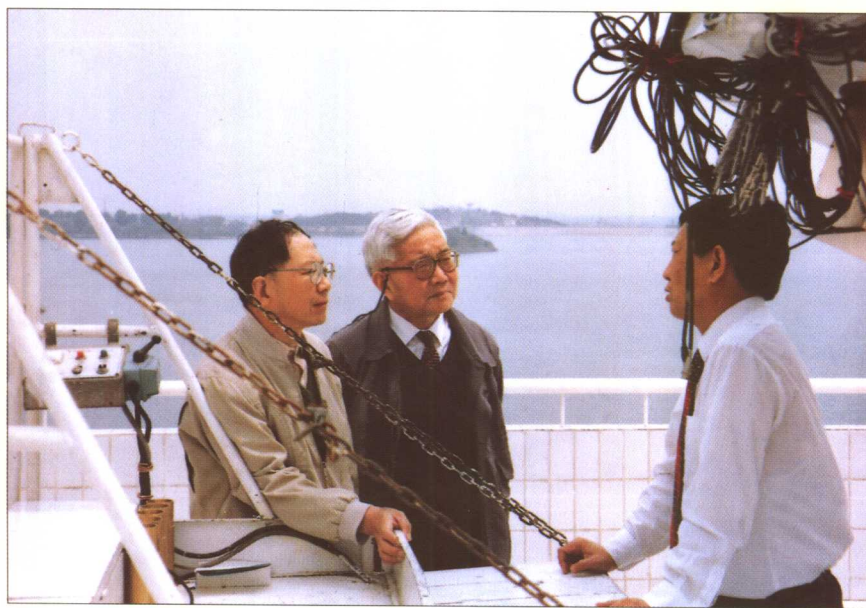
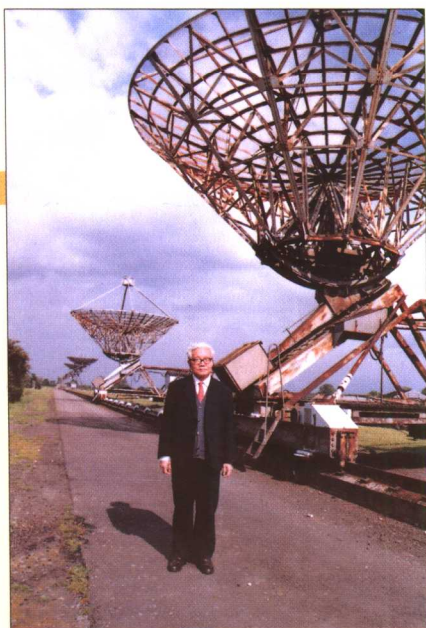
◉ 1987年，北京天文馆成立30周年时，在展览厅。左起：崔振华、卞毓麟、席泽宗

◉ 1987年，在比利时布鲁塞尔，吴阶平（中）和席泽宗

◉ 1990年，在台北吴大猷书房。左起：李国伟、席泽宗、吴大猷、黄一农

◉ 1990年，在美国帕罗马山5米望远镜圆顶前，与合作者程贞一（美）

◉ 1992年，天文界学部委员（院士）参加学部委员大会时。前排左起：席泽宗、叶叔华、苏定强；后排：曲钦岳、熊大闰、王绶琯、苗永瑞、陈建生

◉ 1992年，65岁生日，在北京天文馆

◉ 1993年，在中科院自然科学史所（九爷府）。左起：薄树人、席泽宗、陈美东、陈久金

◉ 1995年，在北京天文台怀柔太阳工作站。左起：白以龙、席泽宗、艾国祥

◉ 1995年，在英国剑桥大学射电天文中心

◉ 1996年，在韩国庆州罗逸星天文博物馆，左二为罗逸星

◉ 1998年，在北京。左起：吴清玉、席泽宗、廖克

◉ 1998年，在日本福冈。左起：中山茂（日）、金相运（韩）、何丙郁（澳大利亚）、席泽宗

◉ 70岁

◉ 2000年度何梁何利奖颁奖大会
（席泽宗为获奖者之一）

◉ 2000年，夏商周断代工程领导小组会

◉ 在家中工作（2000年）

序

席泽宗先生是我国当代杰出的科学史专家,中国科学院院士,国际科学史研究院中惟一的中国院士。他在中国古代天文史学的研究中做出了卓越贡献,赢得了全世界天文和物理学界的高度评价。在他的自选集即将付梓之际,有幸略序数语,以表祝贺,并顺达中国科学界对他的敬意。

席泽宗的童年和少年时代是在日寇侵入华北的兵荒马乱中挣扎度过的。14岁时,他从日寇兽蹄下逃往当时的西北大后方陕西洋县读中学。中学毕业后,为笃学科学,得益于师长们的提携扶助,又远去南国,考入中山大学。在没有经济接济的情况下,他苦奋自立,靠勤工俭学和些微稿费完成了大学学业。在求学期间,他在港、粤等地报刊上发表过不少科学著作和文章,若干篇已收入本文集中。他学生时代写的第一本著作《恒星》,于1952年由北京商务印书馆出版。

新中国成立后,他进入中国科学院,虽历经各种不同工作岗位,而坚持从事天文学和天体物理学的研究兴趣不变。

席泽宗酷爱天文学,有着深刻的根源。天文学是现代自然科学的始祖。哥白尼(1473—1543)的《天体运行论》(1543)为牛顿力学的诞生(1687)提供了对自然规律最客观可靠的观察和依据,使后者成为现代科学和工程技术的基础,凡300年不衰。在人类历史上一切科学理论成就中,哥白尼和牛顿的贡献成为人类精神力量的最高胜利而载入史册。此后,天文学、数学和物理学联袂发展,相辅相成,而天文学始终保持了最光辉的地位。

20世纪爱因斯坦(1879—1955)的相对论和玻尔(1885—1962)、薛定谔(1887—1961)、海森堡(1901—1976)和泡利(1900—1958)等建立的量子力学使天体物理学取得了革命性突破。核物理和电子技术的飞速进步又为天文观测提供了全新的方法和工具。人类从蒙昧时代就开始观察星空,编出了数不清的神话故事,至今流传人间。只是到了20世纪,人们才知道,所有的恒星都是靠氢元素的聚变反应维持发光放热。物理学曾推断,比太阳重1.4倍以上的恒星,一旦燃料耗尽,靠热核反应释放的能量不再足以平衡巨大的引力场,将会发生引力塌缩,由反冲又产生"回光返照"式的大爆发,亮度增长几千万倍,成为超新星,作为该恒星

死亡的前奏，然后塌缩成白矮星、中子星，以至变成黑洞。核物理学还断言，铁以上的重元素不可能在年轻的恒星中靠聚变反应生成，只有超新星爆发时才会有足够高的温度和压力，使强密度的中子流击入原子核中，形成比铁更重的元素，直到超铀元素。一颗恒星的爆发和死亡，为第二代、第三代天体的形成提供更丰富的物质，继续演化成千姿百态的大千宇宙。有人说，地球和人类都是超新星爆发留下的灰烬。所以，20 世纪中叶，关于超新星的观测和研究成了天体物理学的前沿热点。

50 年代初，为应答国际科学界的要求，受中国科学院副院长竺可桢的委托，席泽宗承担了系统研究中国古代文献中关于新星和超新星的纪录，为进一步研究新星和超新星提供史实和佐证。他尽览中国古代浩瀚史籍，深考论次，点评训诂，全面系统地分析了从殷代(前 14 世纪)到清代约三千年关于"客星"的纪录，逐个进行分析，选出了 90 个新星和超新星爆发事例，以《古新星新表》之名于 1955 年 12 月在《天文学报》上公开发表，受到了全世界天文和物理学界的重视。十年后他又和薄树人合作，普查了朝鲜和日本的历史文献，于 1965 年又发布了《增订古新星新表》。两个星表迅速被译成英文，争相转载，成为 20 世纪下半叶研究宇宙射电源、脉冲星、中子星、γ 和 X 射线源的重要参考文献而被频繁引用。美国《天空与望远镜》杂志载文评论说(1977)："对西方科学家而言，发表在《天文学报》上的所有论文中，最著名的两篇可能就是席泽宗在 1955 年和 1965 年关于中国超新星纪录的文章。"这两个表甚至在人民大众中广为流传。1999 年 10 月有人在美国《国家地理杂志》上写道："中国古代纪录中，1054 年 7 月在金牛座出现的超新星，中国人称之为'客星'，当时白昼肉眼可见，至今仍可观察到它的痕迹。"这是指《新表》所列第 60 号新星在《宋史》中的纪录。今日金牛座蟹状星云 NGC1952 射电源及其中心的脉冲星就是该超新星的遗迹。

席泽宗治学严谨，论述一丝不苟，每句话都求科学严密。他不畏清淡，不陶然于已得，始终坚持自己的风格："到处留心皆学问"。在研究中国史籍时，他注意到有纪录表明(唐·《开元占经》卷 23《岁星占》)，早在伽利略(1564—1642)之前，战国晚期的甘德(前 364)可能已经发现了木星(古称"岁星")的卫星。经过严密考证和周密计算，还组织青少年到位于河北兴隆的中国科学院北京天文台兴隆观测站对木卫进行肉眼观测，结果证明中国古籍中的纪录是可靠的。他 1981 年在《天体物理学报》发表了一篇短文《伽利略前二千年甘德对木卫的发现》，又一次引起学术界的轰动。对甘德的研究被日本学士院院士薮内清誉为"实验天文学史"的肇始。

席泽宗的研究工作开创了天文史学一个新分支——系统研究古代史籍中的天体观测纪录，为解决当代天体物理学的前沿热点问题提供史实和佐证。

国务院于 1996 年决定实施"夏商周断代工程"，由社会科学界和自然科学界联合进行中国古代史研究，以缩短中国历史科学与世界水平的差距。席泽宗和李学勤、仇士华、李伯谦等先生一起受聘出任该工程的首席科学家，主持研究从夏代

以后史籍有纪录的天文现象的发生年代，寻求夏、商和西周前期（前 841 年以前）重大历史事件的“天文坐标”，以求把古代纪年前推一千年。经过 200 余位历史、考古、物理和天文学家的共同奋斗，断代工程第一阶段任务已基本完成。席泽宗作为一名首席科学家，在主持和组织有关古代史研究中发挥了关键作用，做出了重大贡献。

席泽宗素以谦虚谨慎、治学严谨、平等宽容著称于科学界。在科学研究中，他鼓励百家争鸣和宽容对待不同意见，满腔热情帮助和提掖青年人，把为后人开拓新路，修阶造梯视为己任，乐观后来者居上，促成科学事业日益繁荣之势。

半个多世纪里，席泽宗为科学事业献出了自己的全部时间、力量、智慧和心血，在天文史学领域取得了丰硕成就。他的著述，学贯中西，融通古今，提高和普及并重，科学性和可读性均好。这本文集的出版，为科学界和青年人了解科学史和天文史增添了重要文献，读者还能从中看到一位有卓越贡献的科学家的终身追求和攀登足迹。

宋健

（中国工程院院长；中国科学院院士）

2000 年 5 月 6 日

Preface

Song Jian*

Xi Zezong is an outstanding contemporary Chinese scientist in the field of history of science. Being an academician of the Chinese Academy of Sciences, he is the only member of the International Academy of the History of Science from China. For his outstanding contributions to the study of ancient Chinese astronomy, he has won widespread acclaim from the world astronomical and physical communities. When this *Self-selected Works* is about to come off the press, I would like to write the following words to congratulate Xi and extend to him compliments. I am sure the entire Chinese science community would like to agree.

As a teenager, Xi lived in turmoil and chaos of war after Japanese aggressor troops occupied his north China hometown. At 14, he fled to Yangxian County, Shaanxi Province, China's strategic rear for the war of resistance, where he entered a middle school. After graduation, he went further south in pursuit of a career in science and was enrolled into Zhongshan University. Without family support, he had to live entirely on his own, and he had to earn his existence by working part-time anywhere. Before he graduated from Zhongshan, he had succeeded in publishing numerous articles in newspapers in Hong Kong and Guangdong, some of which are included in this *Selected Works*. In 1952, the *Stars*, the first brocher he wrote as a student, was published by the Commercial Press in Beijing.

Ever since he joined the Chinese Academy of Sciences after the People's Republic of China was founded in 1949, Xi has been working on several posts, but never has he changed his interest in astronomy and astrophysics.

---

* President of Chinese Academy of Engineering Sciences, member of Chinese Academy of Sciences.

This keen interest in astronomy that characterizes Xi's life as a scientist stems from the deep root of aspiration for science. The modern science originates from astronomy. The Copernicus' *De Revolutionibus Orbitum Coelestium* (1543) gave birth to the Newtonian mechanics in 1687. It provided the most objective, reliable laws for observing nature and governing its development. Thanks to the Copernican theory, the Newtonian mechanics has been able to become the foundation of modern science and engineering. The Copernican and Newtonian theories have been shining throughout the past three centuries, recognized as the most brilliant platform for all achievements in scientific theories and engineering practice ever recorded in the annuals of human history. Under the guidance of the Copernican and Newtonian theories, astronomy, mathematics and physics have been developing in harmony with one another. However, astronomy has always occupied the most prestigious position.

In the 20th century, revolutionary breakthroughs were accomplished in astrophysics thanks to the relativity theory of Albert Einstein (1879—1955) and quantum mechanics by Niels Bohr (1885—1962), Erwin Schrodinger (1887—1961), Werner Karl Heisenberg (1901—1976) and Wolfgang Pauli (1900—1958). Thanks to a rapid development of nuclear physics and electronics, brand new methods and tools have been developed for astronomical observations. Far back in the unenlightened age, people were already wondering the star-studded sky with numerous legends and fairy tales composed, many of which have been left behind to this days. It is only in the 20th century did people come to realize that all stars shine and generate heat because of a continuous fusion of hydrogen and other light elements. One inference of physics goes to the effect that a star, whose mass is equal to, or heavier than, 1.4 times as great as the solar mass, will be crashed due to gravitation and becomes a supernova once its "fuel" is exhausted. As the energy generated by fusion reaction becomes insufficient to balance the huge gravitational field, a collapse will ensue and the subsequent gravitational recoil causes an explosion brighter than the star by tens of millions of times. The supernova is the sudden spurt of activity of the star before its demise, whose burst gives birth to a white dwarf, a neutron star or even a black hole. Nuclear physicists believe that iron and heavier elements contained in stars cannot be produced through the fusion reaction. Only a supernova explosion can generate a high enough temperature and a great enough pressure to force a high-density neutron current into the nucleus, thus producing a range of elements heavier than iron including trans-uranium. While a star is exploding and dying, it is leaving behind a richer pool of materials with which celestial bodies of new generations are to be formed. This goes on and on! infinitely, forming the diversified and kaleidoscopic universe. There

is the saying that the earth, and all of us, are a part of the ash left over from a supernova explosion. For this reason, observation and study of supernovae had become a frontier area of astronomy by the mid-20th century.

In the early 1950s, Xi Zezong began a systematic study of historical records of novae and supernovae documented in classical Chinese texts at the request of Zhu Kezhen, then vice-president of Chinese Academy of Sciences (CAS), in response to a demand from the international science community. He was requested to collect evidences and facts recorded in ancient Chinese books to facilitate worldwide studies in this specialized field. Xi came up to the expectation. In the course of an elaborate textual research, he painstakingly analyzed each and every record of the so-called "guest star" events over a period of 3 000 years from the Yin (1400 B.C.) to the Qing Dynasty (1644—1911). His efforts paid off. In December 1955, Xi published *A New Catalogue of Ancient Novae* in the *Acta Astronomica Sinica* with 90 suspected novae and supernovae he had singled out from a sea of classical documents and verified as true to the fact. The catalogue instantly aroused the attention of the world astronomy and physics communities. On that basis, he proceeded further, jointly with Mr. Bo Shuren, to study the records of novae and supernovae in Japanese and Korean classical documentations. In 1965, they published *A Revised and Enlarged Catalogue of Ancient Novae*. After publication, the two articles were reprinted and translated into foreign languages. Since then, it has been repeatedly quoted as an important reference for studies in the second half of the 20th century of radio sources, pulsars, neutron stars, γ-ray and X-ray sources. In October 1977, the *Sky and Telescope* of the United States noted that "for western scientists, the best known papers ever published in *Acta Astronomica Sinica* are the two in 1955 and 1965 by Xi Zezong on Chinese records of supernovae". The two papers are popular even outside the science community. In October 1999, the *National Geographic*, a most popular American pictorial, had an article citing the ancient Chinese documentation of the supernova that appeared in July 1054 in the Taurus. Ancient Chinese called it a "guest star". The article noted that it was visible by naked eyes during daytime at the occurrence, and its remnant is still discernible. The *National Geographic* is actually referring to the 60th nova in the *New Catalogue*, of which a description was recorded in the *History of the Song Dynasty*. The Crab Nebula(NGC1952) in the Taurus, also a very strong radio source and a pulsar in its center are, in fact, remnant of that supernova.

Xi is well noted for his meticulous scholarship. He is, in fact, scrupulous and conscientious about every research subject and every word in his papers. As a scien-

tist, he sticks to the old motto "Knowledge is ubiquitous as long as a person is keen to pursue". He is always contented with quiescence and honesty despite the importance of his work and never gets conceited for his achievements. In studying Chinese classics, Xi found documentation to the effect that Gan De, a Chinese astronomer in the late Warring States Period (475—221 B.C.), discovered the Jovian satellite in 364 B.C., many centuries earlier than Galileo Galilei (1564—1642) did. To verify the record of documentation in Volume 23 entitled *Sui Xing Zhan*① of *Kai Yuan Zhan Jing*②, Xi did an enormous amount of textual research and computation. Then he led a group of young astronomy lovers to the Xinglong Astronomical Observatory in Hebei Province and conducted observation of the Jovian Satellite with naked eyes to confirm that the documentation could be true to the fact. On that basis, he published, in 1981, a short article *The Discovery of Jupiter's Satellite by Gan De 2000 Years before Galileo*, which caused one more sensation in the world's astronomical community. Yabuuchi Kiyosi, member of the Japan Academy of sciences, wrote a special essay introducing it. He noted that Gan De's observation studied by Xi represented the pioneering step in development of "experimental astronomy" in history.

To be more precise, it is Xi's work that has ushered a new branch of astronomical history, a branch featuring studies of records documented in ancient works to provide evidence to tackle crucial issues in the frontier areas of contemporary astronomical research.

In 1996, the State Council, China's highest governing body, decided to launch the Xia-Shang-Zhou Chronology Project to establish an improved chronological table for the three dynasties by means of combining research in social and natural sciences. The project was expected to enable China's history research to attain the world's best standard. Xi Zezong was appointed one of chief scientists, along with Li Xueqin, Qiu Shihua and Li Boqian. He was entrusted with organizing a task force to establish the so-called "astronomical coordinates"—the exact years of prominent astronomical phenomena documented over a period beginning from the Xia through the Shang and the early period of the Western Zhou (before 841 B.C.). The task was a vital part of the project, which aims in part to replenish the history of Chinese civilization. Thanks to hard work of more than 200 historians, archaeologists, physicists and astronomers, the first-phase work has been completed by and large. As a chief scientist, Xi Zezong played a pivotal role in study of ancient history chronology under the project, and his

① *Divination by the Jupiter*.

② *Kaiyuan Classics on Astrology*, Kaiyuan being the reign title of Emperor Xuan Zong of China's Tang Dynasty, who ruled China from 713 to 741.

substantial contribution is of major importance to the success of the undertaking.

The entire science community of China admires Xi Zezong for his modesty and diligence in study, his meticulous attention to every detail in scientific research, and his tolerance and cooperativeness towards fellow scientists. He always encourages others to be different in scientific research, and is always ready to help younger scientists to catch up. In short, he has devoted himself to helping young scientists get ahead of their counterparts of the older generation, believing that this is the way of ensuring a continuous progress of sciences.

For well over half a century, Xi Zezong has contributed whatever he has—time, energy and wisdom — to science and become credited with a range of achievements in study of astronomical history. His works penetrated the merits of Chinese and Western learning, and features a profound understanding of the classical and the modern. All papers included in this book are readable while stringent in scientific exposition, testifying to the author's keenness in disseminating scientific knowledge while ensuring their academic quality. Thanks to publication of his *Self-selected Works*, the Chinese science community and youths will enjoy access to a new stack of scientific works. In this selection they can count for a better understanding of the science history and the history of astronomy, and draw inspiration from the life-long pursuit and achievements of a devoted scientist.

May 6,2000

(Translation by Li Zhurun)

旅中聞澤宗兄手術成功欣慰之餘

賦得二絕句並寄

天賜華佗誅二豎　蒼天有眼眷斯文
車聲入夢敲「命運」一縷清弦撥亂雲

浮世過從交似水　華章爭誦氣成雲
小園吟罷香盈握　寄與維摩共日曛

王緩琯

一九九七年十一月

旅中闻泽宗兄手术成功，欣慰之余，赋得二绝句并寄

王绶琯

一九九七年十一月

天赐华佗诛二竖，　苍天有眼眷斯文。
车声入梦敲“命运”，一缕清弦拨乱云。

浮世过从交似水，　华章争诵气成云。
小园吟罢香盈握，　寄与维摩共日曛。

A Poem

Wang Shouguan*

(November 1997)

While traveling, I was pleased to hear that my friend Xi Zezong had had a successful operation, so pleased that I couldn't help composing a poem to celebrate and sending it to him. Here it is:

God be praised, Hua Tuo, the miracle-working doctor, subdued the demons, of disease that possessed my friend
Heaven be thanked, as a man of letters he deserves divine protection always at hand.
Rumbling runs the train, resounding like the Fate Symphony in my dream
Pleasant as it is, the melody is as if drifting to the man I so esteem.
Alas! Our friendship, life-long, appears commonplace but is pure as water
Even though his works, superbly powerful, enjoy a sky-high fame among so many a reader.
At garden, I weave these lines into a bouquet of glare
For me and my friend, both in the glory of the setting sun, to share.

(Translation by Li Zhurun)

---

* Member of Chinese Academy of Sciences and honorary President of Chinese Astronomical Society.

自　　序

2000年1月,陕西师范大学出版社高经纬社长约我编一本自选集,这对我来说是一件喜出望外的事。一个科学工作者能有机会把自己的文章汇集起来,奉献给读者,这是不可多得的机会。吾师叶企孙(1898—1977)生前曾说:“写文章要经得起时间的考验,一篇文章30年以后还站得住,才算过得硬。”我从1948年在大学一年级开始写文章,到现在50多年了,现在能由陕西师大出版社出选集,这当然是莫大的荣幸。

在高社长的鼓励下,我翻箱倒柜,把自己过去的文章筛选了一遍,觉得约三分之一可以入选。编选的原则是:

1.“文如其人”。希望这个选集能反映出我的成长过程。我的兴趣起先是天体物理,后来是天文学史,后来又扩充到科学思想史和综合科学史,这个选集就取名为《古新星新表与科学史探索》,文章以发表时间先后排序。

2.我从小喜爱科普工作,写过不少科普文章。我认为科普文章也应该选,但一般性的科学知识介绍的文章不收,只收具有前瞻性和思想性的科普文章。例如,1949年我写过一篇《到月球去——科学的梦话》,分上、下两篇,讨论到月球去的交通工具(火箭)、在旅途中可能遇到的问题,在月球上可以做些什么,和怎样归来等问题,这篇文章就收入文集。

3.翻译文章一律不收,因为它不代表我的原创思想。

4.我国在1956年制定十二年科学发展规划时,我是负责起草科学史部分的三个人之一,另外两个人(叶企孙和谭其骧)均已去世。我见证了科学史这门学科在国内的发展过程及其与国外的联系,写了与这方面有关的许多文章,现在只择要收入,会议报道一律不收,介绍境外科学史情况的只收具有全局性的文章。

5.1983年担任中国科学院自然科学史研究所所长以来,应邀为别人的书写了不少的序言。这些虽不能算是正式作品,但也反映了我的社会关系和学术思想,最近为严敦杰(1917—1988)先生遗著《祖冲之科学著作校释》写的《序》就被《中华读书报》(2000年6月14日)和《科技文摘报》(2000年6月30日)摘录,作为“中国古代有无科学问题”的重要论据,并被《天文爱好者》2000年第4期全文转

载。因此,我想把这些书序有选择地收入。

6. 不属于天文学和科学史的文章不收,但在书末有一附录,将我发表过的著译全部列出。

根据以上六条标准,我选出了一个目录送请主管过我们国家科学技术工作14年的两院院士宋健审阅,并请求他写一个序。他欣然同意,说:“我赞成此事,愿促成此事,但你还得给我提供一些素材,你的简历和代表作以及别人为你写的传记和评论。”我将这些补充材料送去后,他就很快亲自动笔,写出了登在前面的这篇《序》。这篇序言对我的评价过高,只能当做对我的一种鼓励和鞭策,促使我更兢兢业业地工作。

宋健不仅是一位杰出的控制论专家,同时,他对历史及天文学亦有很深的造诣。他的《超越疑古,走出迷茫——呼唤夏商周断代工程》一文震撼了史学界,中国史学会前会长周谷城和美国哈佛大学赫孙考古学讲座教授、美国国家科学院院士张光直异口同声地说好。1994年元旦他在读完了中国天文学会名誉会长、北京天文台名誉台长王绶琯院士长达25000字的《现代自然科学中的天文学》一文后,连夜写信给《科技日报》推荐发表,并复信给王绶琯,说:

> **天文学是现代自然科学的先驱,当代唯物论哲学的最主要支柱。中国重视天文,凡数千年。本世纪天文学的成就,每每激励着科学界,更不要说天文学对当代宇航科学的奠基作用。**
>
> **我崇爱天文,不断跟踪她的进展,为每一新成就而欢欣鼓舞。但我不是行家,今后的运筹,仍要靠您和天文学界的智慧和胆略。**

这封信使天文学界深受鼓舞,王绶琯先生更是宝刀不老,纵览全局为我国天文事业日夜操劳。1997年11月他在到南京去的火车上听到我手术成功,欣喜之余,赋诗一首,并在回到北京后亲自送到我病房里,很使我感动。现在把这首诗作为第二篇序言,列在宋《序》之后。王诗首句“天赐华佗诛二竖”,这里的“华佗”指中国医学科学院北京阜外心血管病医院副院长吴清玉教授。1997年我三根主动脉都梗塞了95%以上,危在旦夕,幸赖他的搭桥手术,使我能活到今天,否则这本《自选集》也就编不成了。我对他特别感谢,并为近年来他的一系列技术突破感到高兴。今年6月间,他为一名出生仅66小时,体重仅2.7千克的初生婴儿施行大动脉调转手术成功,破世界纪录,称之为今日“华佗”当之无愧。

除了感谢以上所提到的诸位先生外,还要特别感谢我的妻子施榴云女士。施榴云和我同甘共苦40余年,在我的每一份成就中都凝聚着她的辛勤劳动。

1941年,我14岁,离乡背井,来到西安,受一位亲戚的鼓励和资助,到汉中考初中,其后又到兰州念高中。六年过去后,在投考大学问题上,这位亲戚和我发生严重分歧。1947年6月我来西安和他谈判,争论了一星期,最终不欢而散。他认

为:“人不能上天,学天文毫无用处,不如到税务局里找个练习税务员干干”。我没有听他的,独自离开西安,历尽千辛万苦,经南京、上海、香港最后到广州,念了中山大学天文系,总算如愿以偿。

而今,50多年过去了,这本总结性的《自选集》又到西安来出版,有何感想?

自觉背叛了这位亲戚,走的道路还是对的。人确实能上天,但我个人成就不大。我虽为中国科学院数理学部院士,但在彭桓武、王淦昌这些大师面前,一直认为自己是个小学生。我所出的产品,不仅不是钢筋、水泥,恐怕螺丝钉都够不上,只能算是竹头、木屑、砖头、瓦块,在建造科学大厦的工程中只能起些填补隙缝的作用。但是“集腋成裘,聚沙成塔”,我还是愿把这一点点微小的贡献聚集起来,让世人利用,让世人评说。

书中错误的地方一定不少,希望读者提出宝贵意见,批评指正。

席泽宗

2000年7月20日

Self-preface

In January 2000, Mr. Gao Jingwei, director of the Shaanxi Normal University Press, invited me to publish a self-selection of my writings. I was overjoyed. The invitation was beyond my greatest expectations, as few Chinese scientists, when alive, have been so fortunate as to have an opportunity to publish a self-selection of their works. The late Professor Ye Qisun (1898—1977), my advisor and teacher in my lifelong career, had this to say: "Writings must be good enough to withstand the test of times. A paper can be rated as good only if it remains indisputable 30 years after its publication." It is now more than 50 years since I got my earliest writings published in 1948, when I was a college freshman. To get some of them republished by the Shaanxi Normal University Press is, indeed, the utmost pleasure and highest honor for me.

Encouraged by Director Gao, I ransacked my chests and bookshelves in search of my old writings and, after screening what I found, decided to have one third of them reprinted in this *Self-Selection*. The criteria for the selection were as follows:

1. As the popular saying goes, "the style is the man". I hope this *Self-Selection* is good enough to mirror the course of my growth and development of my professional career. My interest in science started with astrophysics and then developed into the history of Chinese astronomy. As time went by, my research was broadened to include the history of comprehensive sciences. For this reason, the *Self-Selection is entitled A New Catalogue of Ancient Novae and Explorations in the History of Science*.
2. Since childhood, I have been fond of explaining the scientific basics to the general public. For this personal preference, I concluded that some of my papers intended for the general readership should be included in this selection—only those that predict scientific developments in the future and those that

contain profound scientific concepts, of course. One example is a two-part series entitled *A Trip to the Moon — A Scientist's Dream*. Written far back in 1948, the paper discusses in detail possible methods of space flight, problems possibly to occur in the course of the trip, Man's missions in executing the Moon landing and how for Man to return to Earth.

3. None of my translations are to be included in the selection, as translated works do not represent my original ideas.
4. As one of the three people working on the section of the history of science in the draft "Twelve-year Plan for the National Development of Science and Technology in China" in 1956, I personally witnessed the disciplinary development of the history of science as a florishing branch of natural sciences in China and its association with the international community. The other two, Prof. Ye Qisun and Prof. Tan Qixiang(1911—1992) have passed away. Consequently, I wrote many articles in this field, some of which are included in this selection. Overall reviews and round-up comments on the international development of the discipline are also included in this selection in a bid to illustrate the significance of its development at a global level.
5. Since I was appointed director of the Institute for the History of Natural Sciences under the Chinese Academy of Sciences in 1983, I have written introductions to monographs by numerous fellow scientists in the field. These introductory writings cannot be counted as scientific papers in their full sense, but they do reflect the ever-deepening course of my thoughts and, therefore, I decided to have some of them reprinted in this Self-Selection. One example is the introduction I wrote recently to the *Annotated Collation of Zu Chongzhi's Scientific Works* by the late Professor Yan Dunjie (1917—1988). Excerpts from the introduction appeared in the June 14,2000 issue of the *China Reading Weekly* and the June 30,2000 issue of the *Readers' Digest for Science and Technology* as an important theoretical basis for answering the controversial question of whether science existed in ancient China. And the full text was republished in the No. 4 issue of the *Amateur Astronomers*, a popular science magazine.
6. The selection includes none of my articles that have nothing to do with astronomy and the history of sciences. Nevertheless, a catalogue of all my writings and translations published so far is printed as a supplement to the selection.

Based on these criteria, I worked out a list of articles to be included in the

selection and sent it to Dr. Song Jian for review. In addition, I asked him to write an introduction for the *Self-selected Works*. Dr. Song is member of CAS and of CAE, and was in charge of science and technology development of China for 14 consecutive years.

Dr. Song was pleased to accept my request and told me: "I am for the initiative and appreciate the publication of this selection. So I would like to offer a hand to help. But, could you provide me some background materials such as your résumé, representative papers, other people's comments on your works as well as your biographical materials?" After I sent him these materials, he quickly honored his commitment by writing the introduction without any delay. Some of his remarks in the introduction make me feel both honored and flattered. This I consider as an encouragement, urge and expectations for my work in coming years.

Dr. Song Jian is an outstanding expert in cybernetics and noted for his extensive knowledge and high attainment in history and astronomy in today's China. His renowned paper *To Demystify the Puzzles on the Very Beginning of the Written Chinese History: An Appeal for the Envisaged Project of Chronicling the Xia, Shang and Early Zhou Dynasties* caused an overwhelming and sensational repercussions from the community of Chinese historians. The article was considered as one of the best of its kind by Professor Zhou Gucheng, the late chairman of the Chinese Society of History, and by Dr. Chang Kwang-Chih, John E. Hudson Professor of Archaeology at Harvard University and member of the US National Academy of Sciences. In 1994, after Professor Song had read the extensive paper (with 25 000 characters) by Professor Wang Shouguan, honorary president of the Chinese Astronomical Society and honorary director of Beijing Astronomical Observatory, he immediately wrote a letter to *Science and Technology Daily* and recommended the publication of the paper. Additionally, he directly wrote to Prof. Wang, containing a statement part of which is as follows:

> "Astronomy is a pioneer discipline of modern natural sciences, and one of the most important pillars in the philosophy of modern materialism. Chinese people have a time-honored national tradition of attaching a special importance to the sky-watching science for thousands of years. Every achievement attained by astronomy in this century produced eye-opening inspirations to the scientific community of the world today, and laid a solid foundation for the development of contemporary astronautics."

"I love and admire the science of astronomy, having followed its development without a lull and I am filled with exultation when seeing every step forward in its progress. Nonetheless, I am not an expert in this field and hence I believe we have to rely on your wisdom and the effort of the whole astronomic community for the long-term planning of the discipline's future development."

The letter encouraged Chinese astronomers. Professor Wang, in particular, made even greater efforts to plan and manage astronomic research. While traveling to Nanjing by train in November 1997, Professor Wang learned that the bypass surgery just performed on my heart had been successful. He was so pleased that he wrote a poem to express his delight. I was deeply moved when, back in Beijing, he called on me in the intensive care unit where I was staying and handed me the manuscript of the poem, which is printed in the selection as one more introduction to it. "Hua Tuo" mentioned in the first line of the poem was a real person, the legendary ancient Chinese surgeon to whom numerous medical miracles were attributed. The name is used in the poem to refer to Professor Wu Qingyu, vice-president of the Beijing Fuwai Hospital of Cardiovascular Diseases. Before he operated on me in 1997, I had been in critical conditions with 95% of my heart artery blocked. Thanks to the operation Professor Wu so successfully performed on me, I, now in conditions good enough to allow me to work on this selection. While grateful for Professor Wu, I am extremely pleased with a series of medical breakthroughs he has made in recent years. In June 2000, for example, he conducted a major artery-shifting surgery on a 66-hour-old infant weighing only 2.7 kg. This was the first complete success of this surgery ever made in the world. In my opinion, he is a contemporary "Hua Tuo".

In addition to the acknowledgement for those mentioned above, my thanks go to my wife, Shi Liuyun, and Mr. Liu Jiusheng of Shaanxi Normal University Press. Liuyun and I have been happily living together for more than 40 years. Her effort and encouragement can be seen in every one of my works and achievements. Mr. Liu was the editor in charge, project initiator and the first reader of this selection, and he has spent a great deal of time and energy for the publication of this book.

With support from a relative, I left my hometown in 1944 to study at a middle school in Yangxian, Shaanxi Province. I was then 14 years old. Later, I went to Lanzhou to continue my schooling. Six years afterwards, I had an argument with my relative on whether or not I should go to college. In June 1947, I went to Xi'an to discuss this issue with him. After one week of ceaseless disputing, I left Xi'an without coming to a consensus with him. According to him, "astronomy is a useless

learning simply because we mankind cannot go to the skies. It would be better to get a job not on the heavens but on the ground as a tax collector". I did not accept his advice, however, leaving Xi'an and embarked on a road to a cross-country itinerary through Nanjing, Shanghai, Hong Kong, and Guangzhou. Finally I completed my studies as a major in astronomy at Zhongshan University in Guangzhou. My dream finally came true. Now, more than fifty years later, a selection of my writings will be published in Xi'an, where the journey of my life-long career began. I believe that although I did not take the advice of my generous relative, the route I have chosen is correct. My achievements are not so significant and productive, but so far we, the human race, have gone to the outer space. Although I am a member of Chinese Academy of Sciences (at the Division of Mathematics and Physics), I consider myself a humble student before the accomplished master scholars such as Profs. Peng Huanwu and Wang Ganchang. My products are not structural components like big beams and steel-reinforced concrete, nor are they even screws and nuts. According to my own view, they can be compared only to the wood chips and small bricks, objects which can only be used to fill fissures in the construction of a massive scientific skyscraper. A popular proverb says: "Every little makes a mickle"; I prefer to put together my contributions—no matter how small— and let people use them in whatever possible ways and to expose them to comments. Undoubtedly, there are mistakes in this selection; I sincerely hope that the readers will put forward their critiques and make comments for their correction in later editions.

The author,
June 20,2000

目　　录

Contents

日食观测简史

光和热，衣与食，以及我们所享受的一切，追本溯源都不外是太阳直接或间接的恩赐。太阳对于地球上人类的重要性，远胜过家长对于其子女，因为子女虽依赖家长过活，但总还有自食其力的一天，而地球则永远依靠着太阳过日子。子女没有不关心父母的，我们又岂能对太阳不求一确切的认识？

日食观测队西北队在甘肃临洮观测
1941 年 9 月 21 日的日全食

太阳在平时，总是那么光耀，使得我们的眼睛不能对准它看，惟有在日食的一刹那，是个观测与研究的机会。因此，远在古代，日食就被人注意。据传，在我国夏朝，曾有两位天文家因为忽略了日食时应尽的职守，被处死刑。到了 19 世纪，科学昌明以后，日食观测更成了天文界的盛事。

1836 年，英国天文家在爱丁堡观测日食期间，用分光仪研究太阳大气的物理情况，此为利用近代科学仪器观测日食的先声。长途远征，派队赴异国研究则以在 1851 年斯堪的纳维亚半岛可见的日食开先河，那一次，仅仅英国一国，就派了十多人前往。从此以后，派队观测日食的风气，便日盛一日。到 1860 年，日食摄影初次得到了一点成功；同时，各种光谱的成因，也略能了解了。所以对于 1868 年的日食，各国天文家便都秣马厉兵，跃跃欲试，虽然日食带偏处于印度和马来半岛的一隅，而英、法各有两队，德、西两国各有一队，远渡重洋，到那里去观测，结果发现了化学元素周期表里的第二名元素——氦。

“痛哭六军皆缟素，冲冠一怒为红颜。”这是诗人吴梅村讽刺吴三桂不应迷恋陈圆圆一女子，而置国家社稷于不顾的，吴三桂因此得了个“遗臭万年”。日食观测史上，也有与吴三桂事件相似的一事，但其结果则是“流芳百世”。1870 年有一次日食，在西班牙、希腊、土耳其一带可以看到。那时巴黎正被普鲁士军围困得很紧，就在这国难当头，戎马倥偬的当儿，法国一位天文家名叫让森(P. J. C. Janssen)者，抛撇了祖国的落日孤城，驾着气球，腾起云雾，不远千里到西班牙去观测。说到这里，我愿为中国科学界向政府及社会人士投诉一句：“无论国家怎样困苦，科学的研究，总是应该注意的！”

每次日全食，最多只能有 7 分钟时间，6 分钟的全食，已是难能可贵了。1901 年 5 月，在印

度尼西亚有一次长达6分钟的日食，虽然热带地方的气候靠不住，但“谋事在人，成事在天”，这个机会总不可以放过。于是美国一国就派了四队，绕了半个地球，冒着酷暑去全食带工作，英、荷、日、苏也各有队伍远征南洋。

“皇天不负苦心人”，“有志者事竟成”。1912年双十节那天日食，英国派了爱丁顿(A. S. Eddington)横跨大西洋到南美巴西去观测，结果只看到阴雨连绵。但是他并不灰心，等到1919年5月29日的日食，他又自告奋勇，跑到非洲西岸的普林西比岛去观测。在他所拍的日食影片上，具有一股从太阳边缘喷出来的光焰，形状很像一具恐龙的骨骼，非常美观。同时将所摄的照片，加以测量以后，发现掠太阳之边缘而过的星光，其方向之偏移为1.75弧秒，正与由爱因斯坦的广义相对论所算出之数值相合。因此，相对论也算得到了初步证明。

其后每次日食，各国便都不惜重资派队观测。去年5月20日南美巴西日食，美国更别开生面，国防部动员了陆海空军帮助天文家工作，据说是为了要藉此机会研究宇宙线。可见日食观测对国防亦具有其重要性。

我们因为科学落后，对日食的科学观测，也比人家迟了一百年。直到民国廿五年(1936)6月19日的日食，我国才作初次尝试，派了两队出国观测。一队由现任中央研究院天文研究所所长张钰哲先生领队到苏联西伯利亚的伯力观测，因逢天雨，未有结果。一队由前任天文研究所所长余青松先生领队，中山大学则派邹仪新女士参加。他们到日本北海道，任务圆满完成。其后接着便是我国境内民国三十年9月21日的日全食。那一次因为战争影响，各国学者不能来我国观测，责任便完全落在我们的肩上。观测分成两队。一队在东南(福建崇安)，由中山大学天文台、中央研究院物理研究所、中国天文学会等六团体组成，领队人为中山大学教授邹仪新女士。一队在西北(甘肃临洮)，由天文研究所、天文学会、金陵大学理学院、中央大学物理系等组成，领队人为前天文学会会长高鲁先生。观测结果：东南队因天雨，无法工作。西北队很好，在临洮(兰州南)所摄之电影，曾于年前联合国科教文会议时，运赴巴黎放映，作为我国战时对科学的贡献。

以上所言之每次日食观测，皆系全食。环食与偏食比起全食本应无甚价值，然此次美国竟派了七个队分布在缅甸、暹罗、越南、中国、朝鲜、日本及阿留申群岛观测，目的是研究地球的大小。我国方面除协助美国观测队在浙江武康工作外，并由天文研究所与国防部另组一队至浙江余杭观测。此外中央广播电台亦准备在京、平、渝、兰等四地观测高空电离层于日食时所呈现的变化。国立中山大学天文系拟组两队，一赴环食地之沙口(粤汉线上)作环食观测，一在石牌原天文台作偏食之较大规模观测。已将两大远镜分别改作摄影及投射装置拟作摄影、远镜观测、投射观测、旁测、液盘反射、天象绘画等用；并盼与校内人士，如地理系同学等联合作气温观测、电影摄制、天空暗度之研究等。

末了，希望在5月9日那天，天假以缘，使我们全国人士都能窥见此次日食之奇景！

1948年5月4日草于中山大学天文台

〔原刊1948年5月9日《建国日报》(广州)〕

“五·九”日食观测记

各地报纸登新闻，上海《科学》杂志出特刊，宣传的工作使得人人都晓得5月9日有日食的现象发生。日食是自然界里一件美妙与稀奇的事，在一固定的地方，平均三数百年只有一次日全食，而全食最长时间不到7分钟，真是千载一刻，佳机难逢。

许多穷人，在结婚的时候买不起金戒指，便买个镀金的来做代用品。日全食的机会既是千载一刻，而“人生”又是“七十古来稀”，所以，的确是很可能，一个人活了一辈子，而没有见过日全食。据专家推算与绘图所得，在近五十年内，我国内地是没有看到全食的希望了。住在港粤的我们，除了少数人曾于民国三十年在全食带(如笔者之在陕南)看过日全食外，难道大多人就没此眼福吗？不！不！我们还有一个镀金的戒指哩！在广州，5月9日的日食虽然是偏食，但食分(即日面被食的部分)达97.8%，与全食已相去甚近，可以供我们欣赏一番，于是大家便都期待着5月9日的到来。尤其是我们这些“靠天吃饭”的人，更想藉这个机会作些观测工作。

挂在壁上的日历，一页页的撕下去，“五·九”的距离愈来愈近，天天在下雨，谁也不敢担保日食的那两个多钟头的时间会突然放晴，明知那天是凶多吉少，但惟有任运委数，而效告子之不动心。将6吋及5吋许的两个大远镜，分别改作摄影及投射装置，并有几位师生，整夜地守候着望月前后的月亮作摄影的练习，其他同学也准备一切，而本台主任邹仪新教授，却决定自费赴环食地方做环食观测。

5月9日，黎明即起，出观天色，见阴云四布，且时有小雨，但在八时多经一阵雨后，天色转晴。于是我辈皆喜出望外，齐集天文台，在代系主任赵郤民教授指导下，开始部署一切；此时中央社、上海《大公报》及本市各报记者均先后赶到，本校同学来台参观者亦络绎不绝。9时5分过后，报时者逐分呼喊，我们司各项工作者渐入紧张阶段。然而“天有不测之风云”。正当日月二圆将要相接触(初亏)前的1分钟多，阴云又遮住了太阳。过了12分，司时者即每半秒钟呼一次，虽“千呼万唤”，太阳也不出来了，令人不胜惋惜之至。因为定日月二圆相接触的时间，是观测日食的一个重要项目。它的意义有三：(一)计算地球与月亮的相对位置。(二)预先计算出来的时刻和实测的相差多少，可以看出我们对于日躔和月离的理论到底精密到何种程度，更可进一步而加以改良。(三)本台所在地广州石牌的经纬度，已由两位同学测了半年多，精密到何种程度，也可以利用这个机会证明一番。

“破釜沉舟”，“背水列阵”，只是兵家在特殊情形下的办法，不可以常常为作战之训，防守的总得多列几道防线，以便第一线被突破时，退守第二道。我们观测日食，也是同样的道理，定初亏的时间既已无法，便只有再待食甚与复圆的二时刻。这二时刻与初亏有同样的价值。孰料阴云冲锋陷阵的本领那么大，竟连破三关，打得我们落花流水。

确定三个时刻的观测已告失败，其他远镜摄影、蚀像绘画的两项工作，也因乍晴乍雨的天气，受到障碍，亦无甚成就可言，不然的话，在我这篇观食记的小作里，还可以附上一套照片，把日食的逐步变化，连续地反映在纸上。现在无可奈何，只有白纸写黑字，将其情景描绘如下：

9日上午9时12分18秒，原为初亏时间，时天际东南角已阴云密布，日光为黑云掩蔽。历3分钟，阴云过后，日面右上角已亏损颇大，达全面约四分之一。当月影继续侵掩日面时，黑云乍开乍合，且间有阴雨，9时53分日面已被食去及半；至10时12分，日面逐渐缩小成朝向右上方之钩形，在黑云掩映中，时隐时现。旋黑云骤增，有密雨，温度骤降，天色瞑昏若薄暮，鸡鸣不已。此时为10时23分，与食甚时间26分30秒相接近。10时49分云层渐退，日面复现，惟钩形已移向右上角，其方向与半小时前相反。11时16分，日面显露渐大，仅余左下角一小缺口。11时26分，黑云复合，迄复圆时间过后始终未散。（见5月10日全国各报载中山大学天文台日食观测报告）

此外，我们还与地理系同学合作，准备作各种气象观测。大概是因为天气太坏，地理系同学没有来，便临时取消。只是天文台准备了一个精细的气温计，由万籁同学负责，于是温度的变化，便有了记录：未食前摄氏26.1度，初亏25.5度，食甚24.1度，复圆时26.7度。总计未食前与食甚时相差两度。这个与1936年我国邹仪新教授在日本北海道观测日全食的结果相协调，算是这次观测日食项目中较完整的一个结果。

买彩票的人，要想中奖，当然是多买几张的好。观测日食要想不失败，也得多派几队，分赴各地。如美国对于这次日食即派出七队。我们虽然设备不多，但一为防止"全军覆没"，二为环食、偏食兼顾，便有派队至粤北沙口（英德属）之议。后来因为广州军事当局来函谓治安欠佳，终作罢论。只有本台邹仪新教授一人，单身只鸟，掏着自己的腰包，于8日前往粤汉路，准备翌日拍摄环食电影。可是她的热诚与勇气，跟美国队同一命运，仍未得彼苍的垂悯，而所遇的天气尚不及广州。但请大家不要见笑，"胜败乃兵家常事"，何况这又是"天亡我也，非战之罪"。科学家的精神，是不应顾得失利害的！邹教授临行留书，我们同学也早已有："此行未必能逃出云层，甚或广州雨过天晴，而远跑长途者反入另一云层之下，但为增加观测机会，成败得失，不克计较矣！"这一次，她的观食工作虽失败，但她的精神，却增加了日食观测者今后的勇气！

1948年5月20日草于广州中大天文台

〔原刊1948年6月9日《华侨日报》（香港）〕

新近开始观天的世界最大望远镜

一个民族文化进步的程度，可以用他的天文台数目多寡来衡量。

——亚当斯(美国第六任总统)

裁缝离不开针线，讨吃须要拿个碗。“靠天吃饭”的人当然也非有望远镜不可。因为我们用肉眼观天，即令是目力最强的人，也只能看见数千颗星，而在百吋的望远镜里，便能见到300亿之多，如果没有望远镜，根本都看不到，还谈什么研究；有了远镜之后，小的又不如大的：例如用小型镜看去是一团模糊白光的星团或星云，大远镜便可把其中的星点一一析出；又如对星云等做光谱摄影，小远镜须经几十个钟头的，大远镜只消几个钟点，便马到成功。

1948年建成的5米口径的反射望远镜，是当时世界上最大的

“工欲善其事，必先利其器”。远镜既是愈大愈好，那么我们是否可以随心所欲造成无限大的呢？答案是不可能。大远镜昂贵非凡，非在民生富裕，科学发达，高度工业化的国家里办不到，而且又受种种技术限制，愈大愈难铸造。例如折射远镜似乎就不能再比直径40吋(1米)的大(此40吋镜属美国芝加哥大学叶凯士天文台)。

折射镜是望远镜的一种。望远镜除最近的史密特型外，普通分两种，另一种即反光远镜，以前最大的直径有100吋(2.5米)，属于美国威尔逊山天文台。本来钱可通神，美国号称金元国家，拥有这两具世界最大的远镜，自然也无甚稀奇。凑巧的地方，却是这两具远镜，同是海耳(G. E. Hale)先生一手完成的。普通一般人，如果对世界有了如此大的贡献，他大概便要告老还乡，以度其余年，而海耳则不然，他并不以此为满足，四处奔走，筹募捐款，着手再造一架200吋(5米)的反射镜。经他的鼓吹，洛氏教育基金会，便慷慨解囊，决定拿出600万美金来帮海氏进行他的计划，这是1928年的事。不幸，到了1938年，这件工作尚在中途进行之时，海耳先生竟“出师‘将’捷身先死”。现在为纪念

他的功勋起见，决定将此装置200吋(5米)大镜的新天文台定名为海耳天文台。

反射望远镜的镜面，当中略为向下凹陷，呈抛物线形，和球面相差得极微，可是远镜的好坏，就全凭这极细微的差别。不要说是"增之一分则太长，减之一分则太短"，就是只要有万分之一厘米的变动，便可使远镜完全失去它的效用。譬如白天天气很热，晚上温度骤然降低，等天黑用镜的时候，镜子内部仍然温暖，而表面已经冷却，由于热胀冷缩的缘故，镜面的形状，就起了变化。在这种情形下，观测者便必须等候几小时才可工作，这毛病在大远镜尤其严重。

这种弊病在200吋远镜里必须想法避免或尽量减小。要改良这一点，有两条路可走：一条是应用膨胀系数极低的石英或抗热玻璃，一条是用传热极速的金属。先是用石英玻璃，由美国奇异电器公司承作，但试作结果，钱已用去60万，而200吋远镜尚渺无踪影。经管这远镜最高机关的天文台评议会，看着情形不妙，便将合同取消，另与纽约康宁玻璃厂订约，改用抗热玻璃铸造。

200吋远镜的装置上，需要有24吋、36吋及60吋的附镜三面。当磨琢200吋镜面的时期，另需一个120吋的平面镜以供测验之用。这些较小的镜子，也一起包给康宁厂，以便在未动手做200吋镜之前，拿这些比较容易的工程，来作试验品。这四个镜子，居然一帆风顺，铸成三面。至此便只剩下200吋的这一个了，同时康宁厂的成败也就在此一举，正是"为山九仞，功贯一篑"。

铸炼这么大的镜子，是件破天荒的事，当然免不了许多人来参观，于是厂长和工程师便特意选择于1934年3月的一个星期日，来做这个表演。是日也，这200吋的镜子，用65吨的玻璃砂，烧到华氏2700度，在万目睽睽之下，开始铸炼了；忽而，有一观众从看台失足跌下，肋骨断了一根，伤者同伴把他搀了出去。一瓢瓢的玻璃砂，还是继续不断地往模子里倒，有个浇玻璃的工人，因为受不了炉火的熏灼，晕倒在地上，立刻被抬走，另来一位接替。快到正午时刻，镜子发生问题，工人们惊慌失措，赶快去报告总工程师，总工程师很机敏地说："没关系。"第二天报纸上记载着："200吋镜子，顺利铸成。"事实上并不顺利，那一天铸的，确是坏了，现在的镜子，是后来另造的。

这面镜子，若是用普通玻璃造的，那么便须要放在炉子里经九年的冷却，方可取出。因为现在的原料是抗热玻璃，所以只需一年。但是在这一年中，竟遇着两次灾难：一次洪水，一次地震。这两重灾难，幸都安然度过。

1936年，这面镜子西运帕萨迪那(Pasadena)。西运时的那种隆重热闹，比诸我们历史上的隋炀帝下江南，也是有过之而无不及：(一)运镜子的火车，是一部特制专车，前后只三节(火车头，装镜车，守车)，装镜子的那节车皮是用很厚的钢板做成的，以防有人向它开枪；(二)专车之前，另派一车行驶，检查路轨情形，以策安全；(三)无论任何特别快车，都得为它让路；(四)专车只在白天行驶，夜间停在站上，除四具探照灯为它照明外，还有四个兵士，荷枪实弹守卫；(五)同镜子装在一起的，有一具震动自记仪，利用这仪器，无论镜子在什么地方什么时候受剧烈震动而破坏，都不难追究出责任来；(六)专车经过的地方，报纸刻大字，出号外，学校放假欢迎，百姓夹道恭候，举国若狂的情形，很像我们听到日本投降的时候。

经过15天的旅行，终于平安地送进加州理工学院的帕萨迪那光学工厂。进行磨琢期间，珍珠港事变发生了。因为望远镜跟战事武器无关，所以宣告停工，战后才又恢复工作。

在光学工厂里，磨琢工作的精密与准确，须用以历史上无可比拟的方法慎重从事：手的触觉感觉不到的一微粒细沙，会将十多年来的艰辛工作完全破坏；光学工程师，要脱下从街上穿来的衣服，换上特别的工作衣，又换三次鞋，才得走进工作室；工作室每天用真空清洁器和磁性

吸收器清扫两次,室温随时调节。

反射远镜类似梳妆台上的镜子:玻璃上面镀一层银或铝,以加强反光的力量。所不同的地方是寻常镜子镀在背面,而远镜镀在正面。200 吋的这块大镜子,经过五年多的打磨后,于去年 11 月 18 日送上帕洛马山天文台的巨大真空室里,为它穿衣服:表面上涂一层百万分之一吋的铝质薄膜,随后再将一层相当于一或两个光波长厚的石英薄膜盖在铝膜之上。这层石英膜的功用,是在减低那铝膜感光表面的氧化速度,且可容许随时抹拭干净。就这样,这块铝膜也才只能有 25 年的寿命。铝膜常常需要更换是反光远镜的缺点之一。

用比较大些的远镜作观测,寻常需用一只梯子爬上去看。假若摄影时间稍长,远镜在那里转动,观测者隔些时候便要下来把梯子搬动一下,然后才不至于和目镜相离太远。200 吋远镜装配得有五层楼之高,如果也在黑暗中上下梯子,不但费时间,而且连人都有摔死的危险;于是它在装置上,便有个彻底的改革:不但用电梯,而且在望远镜镜筒上附有一具小笼子,观测者坐在这笼子中,司摄影的工作,远镜转动,人也随着转动。

平常我们要观测某一个恒星,手续相当麻烦:首先要查出该星的赤经赤纬,其次应用算学将赤经变换为时角,然后按时角和赤纬来对准远镜,最后再用铁链齿轮等机件噎哩啷哨地把圆顶的窗口,转到合适的位置,以免挡住视线。200 吋远镜,活动的部分,足有 500 吨,圆顶的本身又重 1000 吨,如果要使这些庞然大物,按照普通的步骤作,那便笨到了极点。所以又有新的发明:将 SELSYN 马达和自动计算机合并应用,观测者只要把一具马达上的指针拨到某恒星赤经赤纬的数值上,再一按电钮,所有的安排和计算便都完成了。

今年 6 月 3 号,这个全世界最大的望远镜,已安装在它的座架上而举行了揭幕典礼。现在除了附属的光谱仪未装好外,其余已全部完工,开始初试观测了。

总之,为此大远镜而发明的新仪器很多,如史冲(E. Strong)所发明的辐射测温计(精密到能测数公里外人的体温)等,这里不必多讲。现在再谈谈天文台的设备:200 吋远镜,安装在帕洛马山之巅,帕山在美国加利福尼亚境内,从加州理工学院乘汽车到山上大约三小时可达;帕山天文台属于该校,故二者之间除常有汽车来往外,还有无线电联络;发电厂、游艺室、体育馆、花园、卧房、浴间、餐厅、暖气、冷气、避音、避光的装置,凡是生活需要的设备,应有尽有。本来还准备修筑一个飞机场,后来因地形所限,才作罢论。胡佛总统曾被招待在台上住宿一夜,后来他对人夸口:“我在白宫住了四年,还不如在这住一夜来得舒服。”

天文家住在这般舒适的地方,应用新而炫目的大远镜,将做些什么呢?这或者是大家急需知道的。好,现在我就将他们所要做的工作胪述如下,以作本文的结束:(一)希望能使岛宇之发现达一百亿个并将已知宇宙之范围(半径 5 亿光年)推展到 10 亿光年;(二)对膨胀宇宙论予以证实或否证;(三)研究现今正感神秘之超新星;(四)作进一步之天体物理的探讨;(五)对火星之表面,加以更详尽的观察;(六)与威尔逊山天文台合作以求对天文学上的种种疑问作答案。

1948 年 8 月 19 日草于中大天文台

〔原刊 1948 年 9 月 29 日《华侨日报》(香港)〕

年　与　历

过去的历史纪录，现在的环境适应，将来的事业计划，显然地都关联到整个世界文明的进展；然而所谓过去、现在与将来，却是时间问题。表示长久时间的惟一方法是年，计算年的方法是历。

根据历书的记载，晓得昨晚是除夕，今天是元旦，我们又大一岁了。然而“山中无历日，寒暑自知年”，可见年的意义是和寒暑相关。不过，寒暑各有一段很长的时间，我们不能指定从寒到寒或从暑到暑，其间含有多少日数；换句话说，寒来暑往，虽是一年，而一年之长却不能直接藉寒暑来确定。但其他与寒暑相关的现象，却可以利用。最合乎科学的简单方法，便是立竿验影：午时的竿影，夏至最短，冬至最长；从影子最短到最短，或最长到最长，正好等于一年。

我国上古的时候，少昊金天氏以鸟纪官。因为燕以春分来秋分去，司分之官便称做乙鸟氏；因为鵙以夏至鸣冬至止，司至之官便称做伯赵氏。分至的日期，全凭立竿见影的方法而定，四千多年前就设有专官，执掌这种职务，可见我国历法渊源极早。

民间现行之农历，大概起源于夏朝。孔子曾说：“行夏之时。”夏历以建寅之月为岁首。后经历代改进，直至明末清初翰林学士徐光启联同西欧来华人士汤若望、罗雅谷等大加整顿后，始具今日之面目：(一)以朔望月为准，即朔与朔或望与望间之长 29.530 59 日为一月之长，大月 30 日，小月 29 日；(二)此 29.530 59 日较中气与中气间之长 30.581 36 日短 1.050 77 日，所以两年四个月(1.050 77×28=29.421 6 日)之后就得置以闰月以补足之，置闰之方法，原则上是以不含中气之月为闰月；(三)所谓中气者，即将自今年冬至至明年冬至间分为十二等分，此各分点即名为中气，十二中气是：冬至、大寒、雨水、春分、谷雨、小满、夏至、大暑、处暑、秋分、霜降、小雪；各中气间再二等分，即得十二节气：小寒、立春、惊蛰、清明、立夏、芒种、小暑、立秋、白露、寒露、立冬、大雪；将中气与节气合而言之即称为二十四节气。

尼罗河的定期泛滥，增加了沿岸土地的肥沃，产生了埃及文明，同时也给予当地人们以注意季节的启示。为着生存与繁荣的需要，他们自然会注意天空星宿位置的改变，以及太阳上升时间与地点的更换，用来预测洪水的来临；从这种观察，他们发现，当洪水将要发生的时期，太阳和天狼星在早晨几乎同时升起。把这种现象的循环周期当做分年的标准，则得一年为 $365\frac{1}{4}$ 日，但一日属两年很不方便，故定一年为 365 日，而四年一闰(加多一日)以补足之。

儒略·凯撒(Julius Caesar)，雄才伟业，不可一世，但文化方面却反而受了被征服国埃及的影响。他于公元前 46 年改革历法的时候，将埃及这 $365\frac{1}{4}$ 日为一年的历法，全部抄袭而去，惟一别出心裁的地方便是将他自己的大名 Julius 加诸 7 月(July)之上。这从凯撒看来，自是一种留名万古的妙法，然而继凯撒帝位者，安能不见此眼红？于是奥古斯都(Augustus)大帝也就将 8 月改名 August，又为了与儒略 7 月争一日之长短，便从 2 月中夺出一天，加到 8 月。

准确的太阳运行周期是 365.242 2 日，较儒略历 365.25 日少 0.007 8 日。这点些微之差，在短时期里虽然不显，但年深日久之后影响甚巨：当凯撒实行改历的时候春分在 3 月 25 日，在

325年举行宗教大会时，春分的日期已经提到3月21日。到了1582年罗马教皇格里(Gregory)第十三世的时候，春分竟然到了3月11日。他觉得这样下去，太不成话，便决心改革：第一道命令便是那年10月4日以后，紧接着就是10月15日，以便将第二年的春分再退还至3月21日；第二道命令是以后每400年里少闰三天($0.0078\times400=3.12$)以便将来的春分永远固定在3月21日。现在所用的阳历，即是格里改革后的历法，简约言之为：(一)分一年为12个月，大月为1、3、5、7、8、10、12，2月28天，剩下月皆30天；(二)公元年数能以4除尽者为闰年，但碰到一百之倍数者不闰，而逢四百之倍数者又闰，闰年加多一日，放在2月之末。

其实，格里的改革，还不能算彻底：第一，各月份的日数可以相差3天之多，长短不齐；第二，某月某日和星期之间毫无关系；第三，月份徒具虚名，并不与月亮的圆缺相终始；第四，上、下半年之日数不等，统计上诸多不便。为了免除这些弊病，近年来国际上便又酝酿着历法改革。

阳历既有这众多的毛病，人家都吵着改革，我们又何必改用阳历呢？一位拥护本位文化者曾对我说："看看我们的农历吧！它的月份与朔望相应，而每年之长短又与寒暑相符合，可谓兼二难，并双美！"是的，不过话得说回来，它也有三个很大的缺点：(一)一年里面，有12个月，而有时竟13个月，太不均匀；(二)顾了月离就顾不得日躔，节气无确定日期，而阳历则有"上半年来六廿一，下半年来八廿三"——即上半年的节气必在6日、21日或其前后，下半年必在8日、23日或其前后；(三)大月和小月之次序杂乱无章。我国历法研究会，深有自知之明，所以没把农历送上国际舞台去讨论，而毅然附议采用世界历。

所谓世界历，系将现行阳历修改而成：(一)分一年为四季；(二)每季季首为星期日，季末为星期六，凡13周；(三)每季91天，第一月31天；第二第三各为30天。如作一简单月份表则为：

星期 日 月	日	一	二	三	四	五	六
	1	2	3	4	5	6	7
一	8	9	10	11	12	13	14
四	15	16	17	18	19	20	21
七	22	23	24	25	26	27	28
十	29	30	31				

星期 日 月	日	一	二	三	四	五	六
				1	2	3	4
二	5	6	7	8	9	10	11
五	12	13	14	15	16	17	18
八	19	20	21	22	23	24	25
十一	26	27	28	29	30		

星期 日 月	日	一	二	三	四	五	六
						1	2
三	3	4	5	6	7	8	9
六	10	11	12	13	14	15	16
九	17	18	19	20	21	22	23
十二	24	25	26	27	28	29	30

将此表剪下,明年(1950)开始应用,便可年年如此,永不更换。惟尚需留意两点:一为 12 月末多置一日,超然独立于星期之外,为岁末休息日;一为闰年于 6 月之末加多一日,为闰年休息日,置闰之法同现行阳历。

散居世界各地的犹太人虽要遵守所在地的法律习惯,但总还是要庆祝他们的阴历元旦;就拿我们自己推行阳历的经验,也可以体会到改历之困难。因此不免令人想到,要使世人立刻改用世界历,不能没有困难。不过,我想困难不会太多。因为明年 1 月 1 日正好是星期日,而且这种历法又与现行阳历大同小异,对于我们的日常生活、习惯并无多大破坏。

〔原刊 1949 年 1 月 1 日《工商日报》(香港)〕

关于夏令时

夏令时，现在变成了等因奉此式的例行公文，已失去了它的意义。原来人家实行夏令时，为的是在经济上求节省，所以也叫做日光经济时。而我们呢？全国不知道有多少机关、学校、团体等，把这件事当做儿戏，在实行夏令时的期间，将工作时间延后一小时。这样的一提前，一退后，等于原封不动，不但没有节省经济，反而增加了贴布告、行公文、下命令和拨钟的麻烦，天下笨事，莫此为甚。

各国之中，实行夏令时者，以德国为最早，而倡议者则英国在先。这其间的一段历史是这样的：

1908年卫立德在英国议会中提出："于每年4月的四个星期中，每逢星期日将钟表改早20分钟，而于9月的四个星期中，每逢星期日改晚20分钟。"当时彼所持的理由是：若将时刻改早，则学校、工厂、机关、公司等亦同样提早办公，而一般人民势必早起，早起便有很多好处：(一)清晨天气凉爽，工作效率高；(二)空气新鲜，对健康有裨益；(三)早起则早睡，早睡则可节省灯火。

"习惯成自然"。实行新的时制谈何容易！卫先生将此案提出后，立刻便遭到许多人的反对，他们的主要理由有三：(一)将钟表改前一小时，使人早起，实是一种自欺欺人的办法，不起早的人决不会因改时间而早起；(二)学校工厂等若将办公时间提早一小时，亦可达同一目的；(三)世界各国的"标准时"是以伦敦的"平地方时"为基本的(详后)，若英国时制有变化，则全世界都得随之而变，这样对英国的信用不免有损。

在强烈的反对之下，卫先生的提案，虽讨论数年，但均遭否决，彼遂怀恨而死。卫氏死后，"人亡政息"，此案在英国便再无人理会。不料在第一次世界大战的时候，于1916年夏，德、奥忽然采用此法，中立国荷兰、丹麦继之。

德国实行夏令时的结果，一年之间节省了二亿多马克，平均每人增加收入3马克。英国于惊讶之余，立即再行讨论此案，结果顺利通过。而今，不但英国实行夏令时，而且各国都行夏令时，假若卫立德冥中有灵，则必含笑于九泉。

各国所行的夏令时，其办法大同小异。我们中国的办法是在每年5月1日至9月30日这一时期，将标准时提前一小时。

这里得注意，所谓标准时，不单是指称标准钟上的时刻，而另有意义。在未解释这个意义之前，须先将"地方时"说明一下。

没有钟表以前，我们中国人知道用日晷来测时：正午的时候，太阳恰在头顶，用术语来说，便是在当地的子午线上，所以在北半球的场合，地上所立的竿的影子，便向正北；反过来说，就是当竿影适向正北的时候，便是正午。正午一决定，其他的时刻，便可以用刻度盘决定，如此所测的时间，便是"地方时"。

当第一天针影指向正北的时候，我们拿来一只很准确的表，把它上在12点，等到第二天针影向正北的时候，表上的时间便不一定是12点，可能早也可能迟，有时竟会差到一刻钟。这个差异是因为地球对于太阳的相对运动，除了自转以外，还有环绕太阳一年一周的公转；太阳的东升西落，便是地球自转和公转合成的结果；如果公转的轨道是个圆形，那也没有问题，可是，公转的轨道实际上是椭圆的，地球和太阳的距离，有时近有时远，这么一来，公转的角速度就有时快有时慢，于是一日的长短就不一律了。

假若我们要造一只表，使每天都在太阳正临子午线时是12点，这表便必得时快时慢。这不但办不到，而且也不便利。因此，我们就假想有个行动快慢一律的太阳，每当表12点的时候，它恰在子午线上，这样依假想的太阳而定的时刻，便叫做“平地方时”，依日晷的方法所测定者，另名之为“真地方时”或“视地方时”。

子午线也叫做经度或经线。地球上的经线是从伦敦的格林尼治天文台的子午线算起的。从那儿向东有180条经线，叫东经；向西也有180条叫西经。因为太阳的运动是从东向西的缘故，所以在东经的地方较伦敦先正午，而在西经的地方则后正午。这其间的差数是：经度每差一度，时间差4分钟。

因此，凡是子午线不同的地方，其地方时便也不同；而自东向西或自西向东，地球上的每处都有它自己的经度，所以地方时便各地不同。这在“鸡犬相闻，民至老死不相往来”的时候，人类的活动范围很小，当然不关重要。可是，有了新式交通工具以后，问题就非常严重：(一)假若各地都用地方时，旅客每到一个地方，便得拨快或拨慢他的表一次，真啰唆；(二)各火车站开出来的火车都依照各地方时，那么撞车是常有的事，交通便无法维持；(三)假若有一条战线，西起宜昌东到吴淞口，现在统帅下了道命令，说：某时某刻同时渡江。在这种情形下，如果各种部队都按所在地的地方时去行动的话，那一定会失去分进合击之效的。

刀德先生于发觉地方时有这样多的不方便处之后，遂倡议标准时，后经傅来铭之鼓吹，终于得到全世界的采用。

在航空发达的今天，标准时间愈关重要。饮水思源，我们得向刀德先生致敬，很不幸，他已被火车撞死了。

在原则上，标准时是将各接近的地方，规定成统一的时刻，办法是自格林尼治起，以每隔15度之经线为标准，分全球为24区，每区相差一小时；但有的为了因地制宜，也有变通办理者。

我国以幅员广大，所跨之时区有五：(一)昆仑时区(以东经82度半经线之时刻为标准，比伦敦早5小时半)；(二)回藏时区(以东经90度经线的时刻为标准，较伦敦早6小时)；(三)陇蜀时区(以东经105度经线之时刻为标准，较伦敦早7小时)；(四)中原时区(以东经120度之经线的时刻为准)；(五)长白时区(以东经127度半经线的时刻为准，比伦敦早8小时半)。

广州即属于中原时区，与伦敦的时间相差8小时。当我们早上8点钟吃早饭的时候，伦敦的人正在午夜熟睡，而西康和青海则刚是6点黎明起床的时间。①

根据标准时，当伦敦在正午12点的时候，东经180度的地方应该是第二天的开始，而西经

① 1949年10月1日以后，全国统一实行北京时间(即中原时)，本文中的五个时区划分，已不再用。

180度的地方却是前一天刚完结，所以东经180度的地方与西经180度的地方恰差一天($2\times180\div15=24$)。按说，这两条线应该距离很远，然而，因为地球是个圆形，这两条线实际上就是一条。这么一来，可就困难了：从西面讲，它的附近应该是昨天已完结，今天刚开始；从东面讲，却又应该是今天已完，明天刚开始。这个困难，无论怎样也不能免除，因此我们只得规定，在这条线的左右两边相差一天：从西边经过该子午线，日子就得立刻跳进一天；从东经过这条线，日子却得退后一天。这条线也另外给它起了个名字，叫做"国际改日线"。

国际改日线差不多全部都在太平洋中，所以若是一个孕妇在渡太平洋的船上，从中国到美国去(即从东经过这条线)，恰在过这条线的时候，假定是4月26日12时，产了一个男孩，隔了数分钟又产了一个孪生的妹妹，这位妹妹的生日便是4月25日，这样，妹妹便可以大于哥哥了。

1949年4月26日草于中大天文台

〔原刊1949年5月1日《建国日报》(广州)〕

牛郎织女的新认识

“天阶夜色凉如水，卧看牵牛织女星”。牵牛即牛郎，牛郎和织女，是银河两畔最亮的两颗星。秋夜的银河，是从天空的东北角，一直流到西南角，织女居于其西北，牛郎位于其东南。

织女和她附近光辉稍弱的几颗星，构成了一个由等边三角形和斜方形两尖连结而成的几何形状，名之曰“天琴星座”。所谓“××星座”，是古人为了对天空的研究方便起见，用形象的方法，将天空所划分的区域；现今全世界的天文家，公决把天球分为89个星座，牛郎属于天鹰座。

偶尔认识了一个人，与知道了他的住址，并不能算是知己，所以能够举出星的名字，和知道它的位置所在，与明了众星的情形，也是截然两事。实际上，我们对于未通姓名的路人，所知道的已是不少，因为他至少也是个圆头方趾含生负气之伦。至于天上的星，我们虽能指出这是牛郎，那是织女，然这闪闪发光满布全天的究竟是些什么东西，却仍然莫名其妙；但是人类想像的本领可不小，越是不晓得的事，编撰的故事便越多。因此天上的星座，每个都有神话故事几套，关于牛郎织女的，在我国已是家喻户晓。“纤云弄巧，飞星传恨，银汉迢迢暗渡，金风玉露一相逢，便胜却人间无数。柔情似水，佳期如梦，忍顾鹊桥归路。两情若是久长时，又岂在朝朝暮暮。”（秦观《鹊桥仙》）所以阴历七月初七这天的夜里，是被人看做男女爱情象征的一夜。白居易的《长恨歌》说唐明皇和杨贵妃“七月七日长生殿，夜半无人私语时：在天愿作比翼鸟，在地愿为连理枝”。这是多么地富于诗意，多么地表现了他们的浓情密爱！

但是，科学无情，天文家竟证明了牛女两星在七七的晚上，还是与平时一样，仍然分居银河两岸，彼此各不相干，河上并没有什么鹊桥，而且银河也不是河，在望远镜里看去只是繁星的密集。又从侦探他们身世的结果，知道牛郎与织女，也不能够“门当户对”。兹先将比较表列下，然后再逐项解释。

	星等		光谱型	体积	质量	光度	运动速度	距离
	视星等	绝对星等						
牛郎	0.9	2.5	A_5	2.2	1.7	8.7	19.31	15.7
织女	0.1	0.6	A_0	9.3	3	52	13.68	26.9

表中体积、质量、光度等，都是以太阳做单位的，换句话说，太阳的为一；运动速度的单位是每秒千米，距离的单位是光年。

由这张表可以直接看出：织女比牛郎大4倍，重1倍，亮6倍。就是星等一项，表面上看0.9和2.5大于0.1和0.6，但事实上，也是织女大于牛郎，因为星等的规定是数值愈小者其星等愈高。原来古人观天，把天空所有20多颗最明的星定为一等，把肉眼刚能看到的定为六等，后人加以科学整理，取角宿一（室女座最明的星）为标准，定其星等为1.2，并规定一等星之

东汉画像石中的牛郎织女星象图拓本

（选自《中国古代天文文物图集》，

文物出版社1980年6月第1版

光度为六等星之100倍，即相邻两星等的光度比为2.512。换言之，即星等以等差级数进，光度以等比级数退，这样所得的星等为视星等。平常我们晚间观星，所看到的只有方位，并无远近，但是亮度与距离的平方成反比，而星等又是表示亮度的一种方法，所以星之视星等的测量，只能告诉我们一些星比较某些星看起来有明暗之别，实际上的明暗之差，仍然是不得而知。如果要想比较众星的真正发光本领，便不得不把它们设想在同样远的地方(应该说是天方)，这个标准距离经天文家选定为10秒差距(即32.6光年)，各个星移放在此标准距离处后，所得的星等曰绝对星等。

人有血型，星有光谱型。生物学家在晓得了一个人的血型以后，可以推断出他的人种、遗传、疾病、气质等等。同样，天文家在知道了某个星的光谱型以后，也可以推知它的距离、光度、温度、大小、质量、密度、化学成分、运动情形等。星的光谱型分为O,B,A,F,G,K,M,R,N,S等十大类(此顺序可用:"Oh! Be A Fine Girl, Kiss Me Right Now, Sweet!"记之)，每型又分十小型，如A_0,A_1……A_9等。大部分的星，均可归在B,A,F,G,K,M六型内，所以此六型又特名曰"主星序"。属于主星序的星，由B而A而F而G而K而M，温度越来越低，年龄越来越老，所以织女比牛郎，体温要高一点，年龄要小一点。

牛郎大于织女的，除过年龄而外，还有一项是速度。不过，他若想要以多出的这每秒5.63千米的速度去追上她，那也得在63万年以后，才能紧密携手。或认为今也电讯联络，极为方便，牛郎根本用不着去见织女的面，只消打个无线电报去问问就可以了。是的，这个办法够巧妙。不过，就是这样，最快也得24年，才能得到回电！

"盈盈一水间，脉脉不得语"。牛郎和织女长年累月这样永不相会，便难免会引起他人对织女觊觎。不幸得很，三角恋爱现在已经发生了，而且这场三角恋爱的另一主角还不是别人，是我们的太阳。

太阳已经是一位年纪很老(G型星)、儿孙成群(行星是儿辈，卫星是孙辈)的星了，按理他不应该再去找对象，并且，为地球着想，我们也很不希望太阳二次结婚，因为假使两星一旦满怀相撞，为祸之烈，不堪设想，全体人类都不免遭池鱼之殃。可是，希望毕竟是希望，根据各方面观测的结果，太阳的确是有追求织女的重大嫌疑而且进行的速度还很快——每小时72 000千米，比目下最新式喷气飞机要快60倍。

不过，我们也莫须慌，因为:(一)太阳与织女相距差不多有27光年之远，太阳走动的方向又没有百分之百的确定，好比做远程射击，射手瞄准的精确度，只要差以毫厘，便可误以千里。所以太阳与织女相撞与否，现在仍在两可之间。(二)退一步讲，就令太阳恰好对准织女行进，我们也还有40万年可以苟延残喘。当然，这句话有个条件，那就是不要在太阳与织女未碰之前，已自取毁灭。

〔原刊1949年7月30日《文汇报》(香港)〕

到月球去

——科学的梦话

火　　箭

游月宫，谒嫦娥，歌舞于桂花下；捉银蟾，追玉兔，沐浴在金波里——要把这个梦想变为事实，先要考虑到两点：(一)一件东西向上抛，总要落下来，这是因为地心吸力的缘故。所以我们要到月球去旅行，最重要的问题，便是如何战胜引力的束缚。经验告诉我们，向空中抛石子，抛的力愈强，石子上升愈高，就是说，我们付给石子的初速度愈大，则石子离地愈远。由理论得到，假若初速可达时速 40 232.5 千米时，物体便可离地球而去。但是，这样大的初速度怎样可得到呢？(二)远距离的交通，当然以飞机最为方便；飞机靠着它的螺旋推进机，才能向前，这螺旋推进机需要有一着力之点，供给这点者，就是空气。所以离开空气，飞机就不能飞；但大气层厚不过百千米，而月亮离地球的距离，根据前年应用雷达测探的结果，是 384 400 千米。所以普通飞机决不能作为到月亮去的工具。得另想办法。

为了解决这两个问题，德国的瓦里野送了命，法国的白特利坏了手。但是，科学研究是不能顾到成败得失的。前仆后继，愈败愈勇。美国的戈达德(H. Goddard)，苏联的齐奥尔科夫斯基，以及被尊为“火箭的伟大老人”的德国教授奥伯斯(H. J. Oberth)，依然努力不懈，继续研究。“有志者事竟成”。第二次世界大战中，德国的 V－2 火箭，便是此项研究的心血结晶。

火箭，它那圆锥形的头部里，装着猛烈的炸药，长长的肚子里，装着酒精和液体氧。当酒精和氧混合燃烧的时候，就生成大量的水蒸气与二氧化碳气体。这些气体由尾部冲出来之时，由于反作用力，就把火箭向前推进。

最近美国海军部所建造的“海王号”火箭，已能升高至 563 千米的高空，速度可达每小时 8 000千米——把这个速度如能加快 5 倍，便可以脱离地球了！加快 5 倍可以办得到吗？让我们回顾一下航空发展史：1912 年，飞机的最大速度是每小时 169 千米；现在，1949 年，喷气式飞机每小时可飞行 5 600 千米。37 年之间，增加了 33 倍。以今日航空技术之突飞猛进，再快 5 倍，有谁敢说不可能！

喷射推进有三种方式，就理论说，最好且最简单的一种是火箭。因为火箭的前进是由于内部冲出来的气体的反作用力，不但与外界空气毫无关系，而且，如果在没有空气的地方飞行，反因前方的阻力减小，可增加速度，只要内部的燃料不用尽，它便可一直前进。

至此，我们可以断定火箭喷射推进飞机将是惟一的可用做旅行月球的交通工具。但还有两个问题：(一)V－2 火箭在 90 秒内需要的燃料就得数吨之多，而到月球所需的时间，据德国火箭专家加德曼的估计，需要 40 到 100 小时。飞行这样长的时间，所需的燃料，显然是火箭无法装载的，必须另找门路，或者改良燃料(譬如设法利用原子能)，或者先人造许多小月亮，作为

空中码头;(二)为了避免与空气的急剧磨擦而燃烧及抵抗宇宙线的辐射,必须寻找一种能耐高热而又不受辐射影响的轻金属来制造这飞机的外壳——关于这两个问题,许多科学家都相信,不久的将来,必能解决。

现在,我们假定,一切问题都已解决,开始“出征”。

旅　途

当火箭飞机起飞的时候,里边的乘客都要躺在一个很柔软的小床上,以减小巨大加速度的震力(人类所能忍受的速度是没有限制的,有限制的只是速度的突然增减)。驾驶员都是经过特别训练的健壮的人,能在特殊的环境下,来管理各项仪器。火箭飞机是自动控制的,种种复杂的仪器和雷达,将帮助它直向月亮的方向前进。

离开地球以后,在途中,各种东西都失去了重量,杯盘乱飞,除非用小孩用的胶管吸水,我们是都不能够喝水的;桌椅板凳都须用橡皮带捆牢,不然,也有腾空的危险。舱中尘埃满空,清除工作必须经常执行,否则不堪设想。因为一切的东西在失了重量之后,尘埃也浮在空中,飘来飘去,不会下落——这些情形,一到将近月球时便会消除。

在飞机已走进月球的引力范围之内以后,便可利用月亮本身的引力,将飞机的路程弯曲,使它先绕月亮兜圈子,越走越近,最后终于在没有太阳照射的那面着陆。然后我们穿上橡皮衣服,戴上只露出两只眼睛的、圆形的塑料帽子,每个人的胸前还佩着一个装置着氧的盒子以供呼吸。这样子,一个人所带的重量,要是在地球上来称的话,足有 45 千克,但因月心吸力只是地心的六分之一,在这里并不觉重。于是我们便高视阔步地走下飞机,开始月球观光。

赏　月

很失望,嫦娥仙子怎么也找不到,银蟾玉兔仅是神话而已:我们只见三万多座荒凉沉寂的环形山,也许是火山的遗迹,和许多巍然耸峙的孤峰,以及许多裂纹横切山谷(壑道)。这里虽也有什么丰饶海、阴雨海等名称,但实际上只不过是些广大的平原。

这里因为一来没有空气和水的调节,二来昼夜的长短和我们地球上的不同,这里有连续两星期那般长的白天,随着便是两星期的漫漫长夜,所以温度变化得很厉害:中午热到 135 摄氏度(地上任何最热的时候,也不会超过 50 摄氏度);午夜冷到零下 117 摄氏度,比世上最冷的地方最冷的时候还要冷,正是苏东坡说的:“琼楼玉宇,高处不胜寒。”

目　的

诚然,月亮上的环境和我们理想中的四季皆春的神仙福地,相差得太远。不过,我们到月亮上来,也不完全是自找苦吃,而是另有目的:

(一)在军事上,这里可以作为一个很好的火箭发射基地,或者可以找到铀矿。

(二)天文家可以研究未受空气遮蔽的太阳辐射与宇宙线。

(三)生物学家可以实验生活现象是否受重力的影响。

(四)电子学家可以建立起一个高度真空实验室。

(五)更重要者,这是人类向其他星球移民的初步成功。从此以后,人们再不受地球的引力

束缚了！

归　来

"胡马依北风，越鸟巢南枝"。人，谁不爱他的故乡，加以月亮上的环境，又是那么样的不宜于人生，去的人当然不免要回来昆亲。但是回来的时候有个问题，那就是如何和大气接触。

由流星的研究，我们晓得，自由坠入地面的物体，在离地面200千米的位置，若速度为每秒11千米时，其温度便可达千度以上。这种危险，要想法子避免，便必须使我们所坐的飞机不笔直地经过大气，而是像到月球上着陆的情形一样，使它先绕着地球走几个椭圆轨道。在作第一次环球飞行时，火箭仅入大气之一小部分，而复入太空，即在大气的短期中，飞机已受阻滞，而速度降低，到最后一转时，进行甚慢，可极舒适地降落地面。至此，旅行月球的大功，便算告成。

1949年中秋前夕草于中大天文台

〔原刊1949年10月3—4日《大光报》(广州)〕

后记：本文所说的"梦话"，在20年以后成为现实。1969年7月美国阿波罗登月计划胜利成功。这个计划先后动员了120所大学，20000家企业，400万人参加，耗资240亿美元，是人类科技史上的一件空前壮举。——2001年8月3日

天文与人生

恩格斯在《自然辩证法》里说：要研究自然科学各部门之不断的发展，首先就应研究天文学，“单单为了定季节，游牧民族和农业民族就绝对需要它”。是的，天文学是一门最古的科学，自有人类历史以来，就已经有相当的研究了。那个时候，没有大城市、大建筑物，没有工厂的烟灰，人们可以很自由自在地欣赏自然界的美丽。不过，那时候农牧民族欣赏自然美，并不单纯是为了求心灵的安慰，而是从其自身的实际应用方面出发的。例如当某一明亮的天体继日落而上升的时候，宜从事于农作；或者在某个一定的地方，某个星座于夜半“中天”(经过子午线)的时期，常常是雨季的开始；以及太阳位置的变化对于气候的影响等，这些都是他们最注意的事情。

在他们长时间的观测太阳出没的过程当中，便渐渐地发觉了太阳在地平线上起落的地方，并不是天天一样，而是作有周期的变化。又发觉昼夜的长短，也有一定规则的循环。还发觉这些变化和农作物上最重视的季节，有密切的关系。更进一步，便将太阳于某期间以后，完全恢复从前同样的位置，其间所经过的时间定为一年。在我国，更是利用太阳位置的变化，定出二十四节气。这二十四节气和农作物的播种收获，很有关系，农民们非常注意。

一年，这是多么长的时间单位，用它来记录人类活动的历史，那还可以，但是用在日常生活上却很不方便。于是后来又想出以昼夜有规则的循环，来做测量时间的辅助单位，叫做一天或一日。但是一天的长短，又随着季节而有相当的变化：冬至时最短，夏至时最长。后来为求更准确起见，又把太阳中天和下次再中天相隔的时间，叫做一个“视太阳日”。这种视太阳日的长短还是不固定的，于是又把一年中各视太阳日平均起来，得到“平太阳日”。在日常生活上所谓一日就是一个平太阳日。再将 1 日分为 24 小时，1 小时分为 60 分，1 分分为 60 秒，更用精细的钟表把它表示出来。但无论如何，钟表总要受温度和空气摩擦等影响，而不能准确，故须要天文台用子午仪观测天体来校正。现在北京中央人民广播电台的无线电报时，就是根据世界上几处专门负责测时的天文台的报告而转播的。所以我们除非取消时间与历法而不用，否则是不能有一日脱离天文而生活的。

由于地球的自转，使我们看见日月星辰总是在那里东升西落，所以天体的同一现象，它所发生的时间，东西两地便有迟早的不同。例如当北京已经是正午 12 时(这时太阳正在子午线上)，兰州便还在上午 11 时(太阳在头顶以东约 15 度)。这时间的相差，恰和两地的东西距离成比例。说具体些，就是经度每差一度，时间差 4 分钟。所以两个地方的东西距离，可以根据天体的观测来决定。另一方面，两地的南北距离，也可由观测某一定天体而决定。例如北极星，它在地平线上的高度，随地方而不同。在北半球越北的地方北极星越高，越南的地方越低，在北极的地方是 90 度(就是正好在头顶上)，在赤道的地方是零度(就是在地平线上)。这变化恰和两地的南北距离成比例。所以北极星不但可以协助我们断定方向，而且可以用来测定纬度。

在天文学的范围里，除了上边所说的实用天文之外，最活跃并且进步最快的便是天体物理

学。天体物理学是利用物理的方法来研究天文资料的科学。这门学问素来被人看做是纯粹科学,换句话说,就是应用的价值很少。但是自从雷达(Radar)发明和原子能发现后,它的重要性立即提高。现在许多国家都把天体物理学的一部分,当做国防秘密而不公开发表。这是因为:(一)太阳上面的变化和无线电交通有密切的关系,而雷达就是无线电定向测距仪(Radio Direction And Ranging Apparatus)的简称,不过所用的波长极短极短而已。(二)星球供给了物理学以各种在实验室所不能实现的关于物质的密度、温度和压力等条件,由这些条件而产生的光谱,对于研究原子的内部构造,可以有很大的帮助。正如英国天文家爱丁顿所说:"原子结构固阐明恒星组成,而恒星行为又昭示原子性质",彼此是互有关系的。

对于人类思想的进步,天文学也起着不可磨灭的作用。哥白尼的地动说,宣告了经院哲学的破产。牛顿的万有引力定律,初步地启示了物质运动的规律。哈雷(Halley)对恒星并非不动的发现,增强了人类对可变性的信心。根据现有的天文知识,如一切天体都在那里不停地运动,恒星也有发生、发展和消灭的演变过程等,更可帮助我们来建立正确的宇宙观。

〔节选自《恒星》,商务印书馆,1952〕

从中国历史文献的纪录来讨论超新星的爆发与射电源的关系

1931年杨斯基在研究波长14.7米的大气无线电障碍(атмосферные радиопомехи)时,发现了地球外部射电源的存在,给天文学找到了一个新的研究对象。这对象对于天体物理学者来说是一个崭新的问题[1]。从那时起到现在为止,在这短短的20多年中间,无线电天文学得到了迅速的发展,发现的不连续射电源已经在200个以上[2]。最近许多天文家认为这些不连续射电源可以分为两大类。第一类的数目比较多,辐射强度大,而且向银河平面集中。第二类的辐射强度很小,也未发现有任何向银河平面集中的趋势[3]。似乎第二类射电源与河外星云有关,第一类与星云——大部分是超新星的残迹有关。什克洛夫斯基教授将伦德马克文[4]中所列的近2 000年中爆发的9颗超新星的位置和亮度与米尔斯文[3]中所列波长为3米,其强度在$3\times10^{-24}\dfrac{\text{瓦特}}{\text{米}^2\text{周/秒}}$以上的8个射电源的位置和强度相对照,发现有6个是吻合的,其数据如表1所示[5]。

表1中的6颗超新星,除827年的以外,皆从中国历史文献中查得,并应用陈遵妫《恒星图表》将中国古代三垣二十八宿的位置,变换为相应的现今星座的位置,又利用巴连拿果《星系学》的附表将位置概略地计算出其银经银纬。最后用陈垣《中西回史日历》将中国纪元化为公元年、月、日,其结果如表2所示。

表 1

超新星的资料									射电源的资料					
号数	爆发时间	α	δ	l	b	可见时间	m	权	α1950.0	δ1950.0	l	b	以$10^{-24}\frac{\text{瓦特}}{\text{米}^2\text{周/秒}}$为单位的强度	角直径
1	185年12月7日	14^h20^m	$-60°$	282°	0°	8月	-6^m	3	$13^h35^m\pm8^m$	$-60°15'\pm5'$	276°	0°	7.5	-
2	369年3月	0±	+60±	85	−2	6	−3	3	23 21 12^s	+58 ±32	80	−2	220	5′.5
3	386年4月	19.8	+8	15	−11	0.7	m=♀	0	19 00 ±8	+7° ±1°	7	−2	3.0	-
4	827年4月	17±	−30±	322	+5	4	−10	3	17 55 ±4	−29° ±20′	330	+4	30	35′
5	1006年5月	16.7 ~18^h	−45	312	−7	3.5	m=♀	3	17 20 ±4	−39 ±20	317	−4	4.0	-
6	1054年7月4日	5.5	+20	154	−5	6	−6.5	2	5 30 ±1	+22 ±20	152	−4	19	4′

表 2

号数	原文	书名	星座	时间	α	δ	l	b
1	后汉中平二年十月癸亥,客星出南门中,大如半筵,五色喜怒,稍小,至后年六月乃消	后汉书、文献通考	半人马座	185.12.7.～187.7	$14^h 20^m$	$-60°$	282°	0°
2	晋太和四年春二月客星见紫宫西垣,至七月乃灭	文献通考、通志	仙后座	369.3～8	—	—	—	—
3	晋太元十一年春三月客星在南斗,至六月乃灭	文献通考、通志	人马座	386.4～7	18 40	−25	338	−11①
4	—	—	—	—	—	—	—	—
5	宋景德三年三月乙巳客星出东南方	宋史、文献通考		1006.4.3	—	—	—	—
6	宋至和元年五月己丑客星出天关东南,可数寸,岁余稍没	宋史	金牛座 ζ星东南	1054.7.4	5 40	+20	155	−3

① 位置不对,可见时间的长度不对。

表 2 与表 1 中第 3 号的位置不相符合,但是在《汉书·天文志》中却有一个记载很相符合,即:“汉哀帝建平二年二月,彗星出牵牛。七十余日。”汉哀帝建平二年二月,相当于公元前 5 年 3 月。牵牛即天鹰座 α 星,其位置为:

$$\begin{cases} \alpha = 19^h 40^m \\ \delta = 10° \\ l = 16° \\ b = -8° \end{cases}$$

天鹰座的那个射电源或许不是爆发于 386 年、发亮 3 个星期的那颗超新星的,而是发亮 70 多天的这颗超新星的残迹。

最近 2 000 年中爆发的 9 颗超新星(至少 9 颗),除表 1 中的 6 颗外,其余 3 颗是在 1203 年、1572 年和 1604 年,这 3 颗超新星中国史书中亦都有记载,兹分述如下:

1. “宋嘉泰三年六月乙卯,客星出东南尾宿间,色青白,大如填星,甲子守尾。”(《宋史·天文志》)

“宋嘉泰三年六月乙卯,东南方泛出一星,在尾宿,青白色,无芒彗,系是客星,如土星大。”(《文献通考》)

由这两段文字可以看出是1203年7月28日超新星出现于天蝎座,至8月6日仍可看见,其星等如土星,而位置为:

$$\alpha = 17^{h} \qquad l = 314^{\circ}$$
$$\delta = -40^{\circ} \qquad b = -1^{\circ}$$

在这个位置上去寻求射电源将是件很有意义的工作,不过这个射电源的强度将是非常小的。

2. “明隆庆六年冬十月丙辰,彗星见东北方,至万历二年四月乃灭。”(《明史稿·神宗本纪》)

这颗彗星即著名的第谷新星,以前认为中国没有记载,这是不对的。按这段文字的记载是1572年11月8日超新星出现于东北方,至1574年5月不见。我们比第谷早发现三天,而且还比他多观测了一个多月。(第谷是在1572年11月11日发现的,到1574年3月以后就再没有观测。)1952年在这颗超新星的位置上发现了一个弱的射电源[6]。

3. “明万历三十二年九月乙丑,尾分有星如弹丸,色赤黄,见西南方,至十月而隐。十二月辛酉,转出东南方,仍尾分。明年二月渐暗,八月丁卯始灭。”(《明史》)

英人威廉姆斯著 *Observations of comets*(又名 *Comets observed in China*)一书中,竟错误地把这颗超新星认为是彗星。其实这即著名的开普勒新星。以前认为中国没有记载,这是不对的。从这段史料中可以看出:我们是与布诺斯基(Brunoski)同一天(1604年10月10日)发现的,而且自始至终都有纪录。在这个超新星的位置上,现在还没有发现射电源。

波长3米,其强度在$3\times10^{-24}\dfrac{\text{瓦特}}{\text{米}^2\ \text{周/秒}}$以上不能与超新星对照的其他两个射电源是,一个在南三角座:

$$\alpha = 16^{h}10^{m} \pm 8^{m},$$
$$\delta = -65^{\circ}45' \pm 5';$$

另一个在船帆座:

$$\alpha = 8^{h}35^{m} \pm 4^{m},$$
$$\delta = -42^{\circ} \pm 45'。$$

船帆座的这个射电源似乎与光谱型属于O型的该座γ星附近的气体弥漫星云有关。至于南三角座的则至今尚未在那里发现星云,什克洛夫斯基认为只有在中国南方的史料中可能发现在那儿有新星爆发的记载[5],但我们这次对中国史料中新星考查的结果,并未发现有记载,这可能是由于所收集的资料不完全所致。对这个问题还有待于进一步的研究。

此外,将所收集的新星资料与什克洛夫斯基《无线电天文学》中天空射电源的分布图对照,还有一些新星(也许就是超新星)可能与射电源有关,现在把它列在表3中,供大家探讨。

最后,再将从中国历史文献中所查得的可能是有关新星爆发的(取银纬在±25°以内者)30宗纪录,列在表4中,以供参考。不过,必须指出:这里所收集的资料不算完全,而且表中所列的也可能有的是彗星,因此还需要继续调查研究。

表 3

号数	原文	书名	时间	α	δ	l	b	星座
1	汉高帝三年七月有星孛于大角，旬余乃入	汉书、文献通考	前 204.8	$14^h 20^m$	$+20°$	$346°$	$+66°$	牧夫座 α 星附近
2	汉元凤五年四月，烛星见奎娄间	汉书	前 76.5	1 20	+25	101	−36	双鱼座
3	汉初元元年四月，客星大如瓜，色青白，在南斗第二星东可四尺	汉书	前 48.5	18	−25	335	−4	人马座
4	后汉永元十三年冬十一月乙丑轩辕第四星间有小客星，色青黄	后汉书	101.12.30	9 20	+35	158	+47	天猫座 40 星附近
5	后汉建安十七年冬十二月有星孛于五诸侯	后汉书、通志	212.1	7	+30	155	+18	双子座
6	晋太元十八年春二月客星在尾中，至九月乃灭	通志	393.3～11	17	−40	314	−1	天蝎座①
7	陈太建七年四月丙戌，有星孛于大角	隋书、通志	575.4.27	14 20	+20	346	+66	牧夫座 α 星附近②
8	唐永淳二年三月丙午有彗星于五车北，凡二十五日，至四月辛未不见	旧唐书、新唐书、文献通考	683.4.20～5.15	5	+40	134	+1	御夫座
9	宋绍定三年十一月丁酉有星孛于天市垣屠肆星之下，明年二月壬午乃消	宋史	1230.12.15～1231.3.30	18 20	+20	16	+13	武仙座 109 星附近
10	元大德元年八月丁巳妖星出奎。九月辛酉朔妖星复犯奎	元史	1297.9.9	1	+30	95	−32	仙女座与双鱼座之间
11	明宣德五年十二月丁亥有星如弹丸，见九旗旁，黄白光润，旬有五日而隐。六年三月壬午又见	明史	1431.1.4	5	−10	177	−27	波江座

① 与 1203 年的超新星有同样可能。

② 与本表第 1 号有同样可能。

表 4

号数	原文	书名	时间	星座	α	δ	l	b
1	汉元光元年六月客星见于房	汉书·天文志	前 134	天蝎座[1]	$15^h 40^m$	−25°	313°	+21°
2	后汉建武五年客星犯帝座	后汉书·严先传	公元 29	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24
3	后汉永初元年秋八月戊申有客星在东井弧星西南	通志	107.9.13	大犬座δ星附近	7	−25	205	−8
4	后汉延光四年冬十一月客星见天市	通志、文献通考、后汉书	125.12	蛇夫座	17 20	0	350	+18
5	晋永兴元年夏五月客星守毕	通志	304. 6. 19 ~ 7. 19	金牛座	4 20	+20	144	−18
6	晋永兴二年秋八月有星孛于昴毕	通志	305.9	金牛座	4	+20	141	−22
7	晋升平二年夏五月丁亥，彗星出天船，在胃	通志	358.6.26	英仙座	3 20	+50	114	−4
8	魏皇始元年夏六月有星彗于髦头……先是有大黄星出于昴毕之分五十余日，十一月黄星又见，天下莫敌	魏书	396.8	金牛座	4	+20	141	−22
9	魏太延二年五月壬申有星孛于房	魏书	436.6.21	天蝎座	15 40	−25	313	+21
10	魏太延三年正月壬午有星晡前昼见东北。在井左右，色黄赤，大如橘	魏书、宋书	437.2.26	双子座	6 40	+20	162	+9
11	唐贞观十三年三月乙丑有星孛于毕昴	新唐书、旧唐书、文献通考	639.4.30	金牛座	4	+20	141	−22
12	唐总章元年四月彗星见五车，星虽孛而光芒小，……二十二日星灭	旧唐书	668. 5. 17 ~ 6. 14	御夫座	5 20	+40	136	+4

续 表 4

号数	原 文	书 名	时 间	星 座	α	δ	l	b
13	唐景龙元年十月十八日彗见西方,至十一月甲寅不见,凡四十三日而灭	旧唐书、新唐书	707. 11. 16 ~ 12.18	②	—	—	—	—
14	唐太和三年十月客星见于水位	新唐书、文献通考	829.11	小犬座	7^h 20^m	+10°	176°	+13°
15	唐开成四年闰正月有彗星于卷舌西北,二月乙卯不见	新唐书	839.3.12 ~ 3.21	英仙座	3 20	+40	120	−12
16	唐大中六年三月有彗星于参觜	新唐书	852.4	猎户座	5 40	+10	164	−8
17	唐景福元年十一月有星孛于斗牛	新唐书	892	人马座和摩羯座之间	19 40	−20	348	−22
18	梁乾化元年五月客星犯帝座	文献通考	911.6	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24
19	宋大中祥符四年正月丁丑客星见南斗魁前	宋史、文献通考	1011.2.8	人马座	19 20	−30	336	−22
20	辽太康五年十二月丙午彗星犯尾	辽史	1080.1.6	天蝎座	17	−40	314	−1
21	宋元祐六年十一月客星出参度中犯掩厕星	文献通考	1091.12	天兔座	5 20	−10	180	−22
22	宋淳熙八年六月己巳,客星出奎宿,犯传舍星,至明年正月癸酉,凡一百八十五日始灭 金大定二十一年六月甲戌,客星见于华盖,凡百五十有六日灭	宋史、文献通考 金史	1181.8.6~1182.2.6	仙后座	1 40	+70	95	+9
23	宋嘉定十七年六月乙丑,客星守犯尾宿	宋史	1224.7.17	天蝎座	17	−40	314	−1

续 表 4

号数	原　　文	书　名	时　间	星　座	α	δ	l	b
24	宋嘉熙四年七月,彗星见尾宿	宋史	1240.8.17	天蝎座	17^h	$-40°$	$314°$	$-1°$
25	元皇庆二年三月丁未,彗出东井	元史	1313.4.13	双子座	$6^h\ 40^m$	+20	162	+9
26	明永乐二年十月庚辰,辇道东南有星如盏,黄色,光润而不行	明史	1404.11.14	天琴座	19	+40	38	+14
27	明宣德五年八月庚寅有星见南河旁,如弹丸大,色青黑,凡二十六日灭	明史	1430.9.9	小犬座	7 40	+10	178	+18
28	明天顺五年六月壬辰天市垣宗正星旁有星粉白,至乙未化为白气而消	明史	1461.7.30～8.2	蛇夫座β星附近	17 40	0	353	+13
29	明万历十二年六月己酉,有星出房	明史	1584.7.11	天蝎座	15 40	−25	313	+21
30	清康熙二十九年八月己酉,异星见箕,色黄,凡二夜	清史稿	1690.10.18	人马座	18	−30	329	−6

① 这是中西史上皆有记载的第一个新星。

② 不明位置。

(本文写作期间得到竺可桢教授和戴文赛教授的很多指导,特此致谢)

参 考 文 献

[1] (a) K.G. Jansky. *Proc. Inst. Rad. Eng*. 1932.20,1920.

(b) K.G. Jansky. *Popular Astronomy*. 1933.41,548

[2] В.Л. Гинзубург. Природа, No.5.1954.

[3] (a) И.С. Шкловский. А.Ж. 1952.29,418

(b) B. Mills. *Austr. Journ. Sci. Res*. 1952 5,266 .

[4] K. Lundmark. *P.A.S.P*. 1921.33,225

[5] (a) И.С. Шкловский. Асгр. Циркуляр, No.143.1953.

(b) И.С. Шкловский. Доклады АН СССР. 1954.94,417

[6] R. Hanbury Brown and C. Hazard. *Nature*. 1952.107,364

Identification of Strong Discrete Sources of Radio-emission with Novae and Supernovae Recorded in the Chinese Annals

Shklovsky listed six historical supernovae whose positions agreed closely with the positions of six sources of strong radio-emission. Four of these supernovae (185, 369, 1006, 1054 A.D.) were recorded in Chinese annals. Original texts of these records are given in Table 2. The position of the nova of 386 A. D. recorded in China does not coincide with that of the nova given by Shklovsky (Previously given by Lundmark). Instead, it is found that the position of the "comet" of 5 B.C. recorded in Han dynasty agrees much better with that of the radio sources. In Chinese records, comets and novae (including supernovae) were often mixed up.

It was thought that Tycho's nova of 1572 and Kepler's nova of 1604 were not recorded in China. This is not correct. Original texts are quoted to show that both of these supernovae were recorded in China. The supernova of 1203 was also recorded in China.

Attempt was made to find in the Chinese records a nova whose position was near to the strong radio source in Crux Australis. This attempt was not successful.

Data regarding possible novae have been collected from Chinese annals, and analyzed. The positions are compared with the chart of radio point-sources given in Shklovsky's book "Radio-astronomy". Eleven novae whose positions are quite near to radio sources are listed in Table 3 for the reference of investigators in this field. 30 other possible novae with their probable coördinates are listed in Table 4. Some of them may be comets. The lists are not at all complete. Investigation will proceed.

〔原刊《天文学报》,第2卷,第2期,1954年12月〕

古新星新表

绪　　言

新星的研究在天体演化学上和射电天文学上都有着重大意义。新星和超新星的爆发是否形成射电源？超新星或慢新星是否和行星状星云有演化上的联系？新星是否能多次爆发？新星或超新星的爆发是否表示普通星向白矮星过渡？银河系内超新星的爆发频率如何？这一系列问题的解决都需要大量的新星和超新星的观测资料，不仅需要现在的，而且需要过去的。关于古代的新星观测资料，伦德马克曾经搜集起来编成一个表①。现在全世界的天文学家们应用的古代新星资料，几乎全取自这个表中，但是正如伏龙佐夫－威廉明诺夫所批评："伦德马克的表有许多可以怀疑的漏洞，用这些材料来充实我们感到贫乏的观测资料，至少是冒险的。"②伦德马克的表中包括了19世纪及以前观测到的60颗新星，他的材料主要来自马端临《文献通考》的客星栏。但中国古代客星常常和彗星相混，而且《文献通考》中所搜集的材料也不够完全，因而伦德马克的表在正确性和完整性方面都是有缺点的。最近我们查了廿四史（主要是其中的天文志）、各代会要、《文献通考》和《通志》，并参考了一些杂史和日本的天文史料，详细地复核了伦德马克的表，发现以下几条都是彗星：

公元64年5月3日在室女座η星附近的新星。《文献通考》内载："汉明帝永平七年三月庚戌，客星光气二尺所在太微左执法南，端门外，凡见七十五日。"既言光气二尺，可见是有尾巴的，是彗星（永平七年三月庚戌相当于公元64年4月28日）。

公元66年1月31日的新星。伦德马克的根据是《文献通考》里一句话："后汉孝明帝永平八年冬十二月戊子，客星出东方。"但是在《东汉会要》里有一段彗星纪事："永平九年正月戊申，客星出牵牛，长八尺，历建星，至房南灭"；《古今注》说：该彗星"历斗、建、箕、房，过角、亢，至翼，芒东指，见至五十日"。正月戊申相当于公历2月20日，距1月31日只相差20天，在这个时期，如以夜晚九时来说，斗、建、箕、房、角、亢、翼这些星宿都在东方，可见1月31日东方所见客星就是这个彗星。又按计算，哈雷彗过近日点的日期是该年1月26日，可见这次观测到的彗星即哈雷彗。朱文鑫在《天文考古录》里把永平八年（65）六月观测到的彗星认为是这次哈雷彗的出现，显然是错误的。因为该彗星出现于六月壬午，凡见五十六日。永平八年六月壬午，相当于公元65年7月29日，56日之后是9月23日。就以9月23日来说，和1月26日也还相差4个多月。

公元684年9月12日新星。《日本书记》和《一代记要》内均载："天武十二年七月壬申，彗星出于西北，长丈余。"日本天武十二年七月壬申相当于公元684年9月7日，而该年11月26

① Knut Lundmark. Suspected New Stars Recorded in Old Chronicles and among Recent Meridian Observations. PASP, 1921(33): 225—238 (1921).

② Воронцов-Велbяминов. Газовые туманносги и новъе звёзды. стр. 184.

日为哈雷彗过近日点之日期。哈雷彗在近日点前后两三个月被观测到,是常有的事,可见伦德马克表中的这颗新星(状如半月)和日本史书中所载的是一回事,即哈雷彗。

公元837年4月到6月的3颗新星。《文献通考》客星栏内载:"唐文宗开成二年三月甲申客星出于东井下。戊子客星别出于端门内,近屏星。四月丙午东井下客星没。五月癸酉端门内客星没。壬午客星如孛,在南斗天籥旁。"威廉姆斯、毕约和伦德马克把这认为是3颗新星:

1. 837年4月29日到5月21日双子座新星。
2. 837年5月3日到6月17日室女座 υ 星附近新星。
3. 837年6月26日人马座 δ,λ 星旁新星。

最近什克洛夫斯基和沙因认为双子座新星爆发在双子座 μ,η 星之间,现在观测到的IC443星云是它的残迹,而且可能和射电源($\alpha=6^h14^m,\delta=+22°38'$)对应起来。①

但是《新唐书·天文志》里在这段客星叙事的前面还有一段彗星纪事:"唐文宗开成二年二月丙午有彗星于危,长七尺余,西指南斗。戊申在危西南,芒耀愈盛。癸丑在虚。辛酉长丈余,西行,稍南指。壬戌在婺女,长二丈余,广三尺。癸亥愈长且阔。三月甲子在南斗。乙丑长五丈,其末两歧,一指氐,一掩房。丙寅长六丈,无歧,北指,在亢七度。丁卯西北行,东指。己巳长八丈余,在张。癸未长三尺,在轩辕右不见。凡彗星晨出则西指,夕出则东指,乃常也。未有遍指四方,凌犯如此之甚者。甲申客星出于东井下……八月丁酉有彗星于虚危。"② 从这段文字总的来看,可以认为这3颗客星及其前后的彗星均是同一彗星,其运行的轨道见图1。这个大彗星即哈雷彗星。哈雷彗星过近日点的日期按计算应该是该年3月1日。

公元962年1月28日新星。《宋史》:"宋建隆二年十二月己酉,客星出天市垣宗人星东,微有芒彗。三年正月辛未西南行,入氐宿。二月癸丑至七星没。"显然这是彗星。

我们将伦德马克表中的错误去掉,并将我们新收集的材料加进去,制成现在这份古新星表,至公元1700年止,共有90颗新星。表中有11颗(No. 17,27,30,45,57,60,67,68,70,82和85)可能是超新星。单以最近一千年而论,就有7颗超新星爆发:1006年豺狼座、1054年金牛座、1181年仙后座、1203年天蝎座、1230年武仙座、1572年仙后座和1604年蛇夫座。根据这些材料,银河系内超新星的爆发频率将大于已往的估计,即平均每150年有一颗超新星出现。

此外,在制表的过程中,我们对新星的再发规律亦有些材料。伏龙佐夫-威廉明诺夫在《气体星云和新星》一书中将巴连拿果和库卡金的亮度变幅关系改进为:

$$\log P=-2.716+0.512\,A$$

若取 $A=11^m$(新星的平均变幅),则得 $P=824$ 年。

在我们的表中,No.12和No.55两次"客星犯帝座"相距882年,No.5和No.34两次"星孛于大角"相距779年,正好和计算所得的周期约合。因此,这两颗新星很可能是新星再发的例子。

这表我们只编到公元1700年为止,因为在此以后,西方天文学已很发达,关于新星的材料也很完备,无须再叙。

将表中较有确切位置的61颗新星、11颗超新星和2颗再发新星,作视分布研究,得图2。

---

① 1. Г. А. Шайн и В. Ф. Газе, ДАН, 1954. 96, 4, 713—715
2. И. С. Шкловский, ДАН, 1954. 97, 1, 53—55
3. В. Ф. Газе и Г. А. Шайн, А. Ж. 1954. 31, 5, 409—412

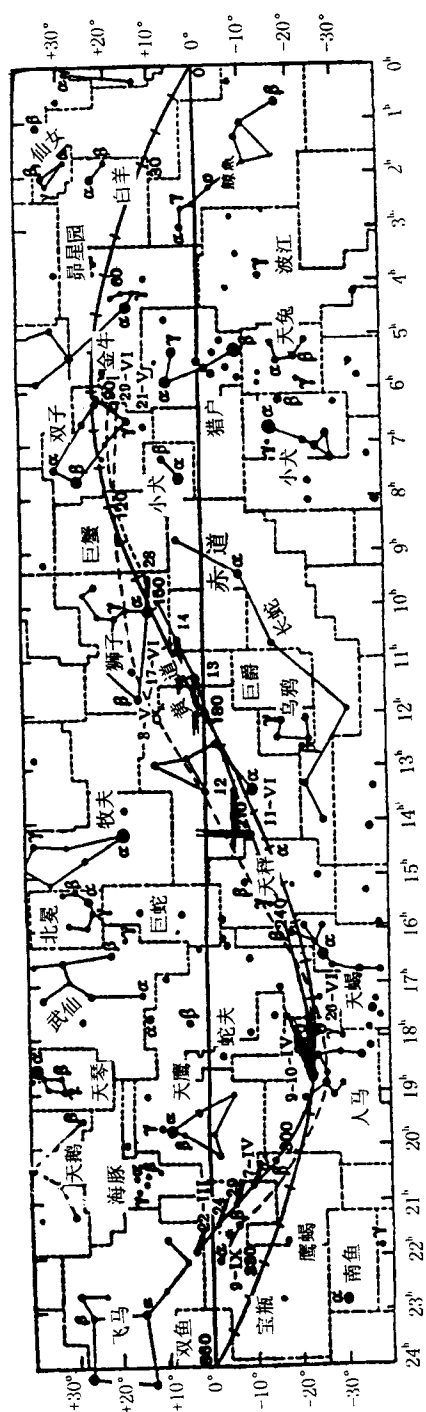
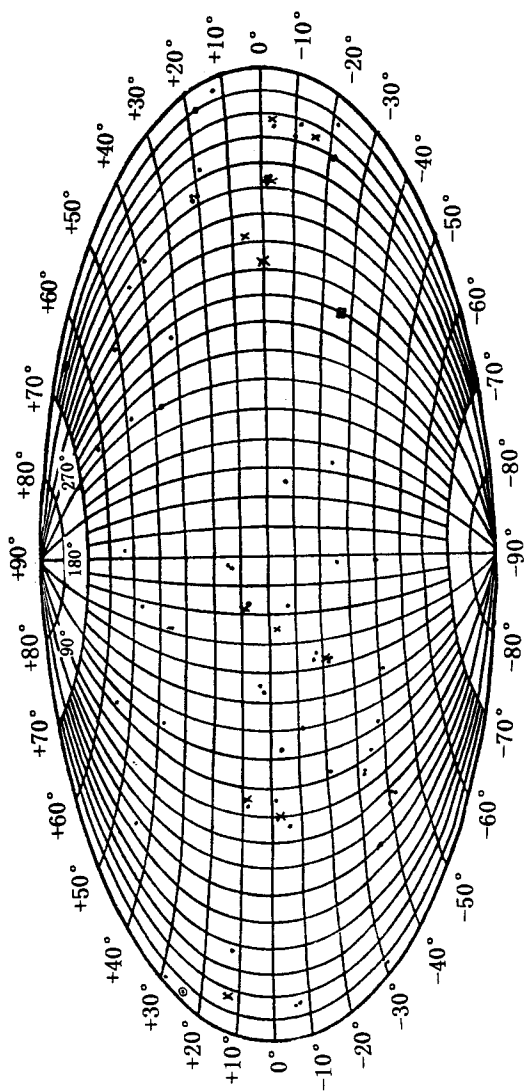
② 《旧唐书·天文志》、《旧唐书·文宗本纪》、《新唐书·文宗本纪》、《唐会要》、《续日本后记》、《一代记要》、《日本纪略》和诸道勘文中均有这个彗星的记载。

新星在银纬方面的分布如下表:

表 1

北 银 纬	新星数	南 银 纬	新星数	总 计
0°～+10°	4	0°～-10°	13	17
+10～+20	7	-10～-20	4	11
+20～+30	3	-20～-30	8	11
+30～+40	4	-30～-40	7	11
+40～+50	4	-40～-50	3	7
+50～+60	3	-50～-60	0	3
+60～+70	1	-60～-70	0	1
+70～+90	0	-70～-90	0	0
总 计	26	总 计	35	61

由表1可以看出:新星有向银面集中的趋势,在±20°范围以内,占了小半数,而在±70°～±90°的范围以内,一颗也没有。这和近代新星资料统计的结果,颇相符合。从表中还可以看出:银面以南的新星比以北的多,这是因为太阳处在银面以北的缘故。

就银经分布来说,在表2里的前六组是在以银河系中心的方向为中心的半个天球上,后六组是在另外半个天球上。这样从统计上可以看出新星在反银心的半个天球上要多一些。不过,得注意到:南赤纬大的银河部分(l 从240°到300°)在我们中国黄河流域(取 $\phi \doteq 35°$)看不见。估计到这一点之后,可以断定:新星视分布的银心聚度小。银心聚度小,银面聚度大,这说明新星形成扁平子系。

表 2

银 经	新 星 数
60°～90°	4
90～120	11
120～150	7
150～180	7
180～210	2
210～240	2
240～270	3
270～300	1
300～330	11
330～360	6
0～ 30	4
30～ 60	3
总 计	61

表中可能有彗星,同时这表也不能算是很完整。这些都待以后补充和修正。我们将这份较为完整的古新星表付印,只是为了射电天文学和天体演化学领域工作者的参考。

古新星新表

号数	原文	书名	时间	星座	α	δ	l	b	附注
1	七日己巳夕豈□㞢新大星并火	殷虚书契后编(下)9,1	前14世纪	—	—	—	—	—	—
2	辛未酘新星	甲骨缀合编118	前14世纪	—	—	—	—	—	—
3	周景王十三年春有星出婺女	今本竹书纪年	前532年	宝瓶座	$20^h 40^m$	$-10°$	$-5°$	$-31°$	左传和史记内均有记载
4	秦始皇卅三年明星出西方	史记·秦始皇本纪	—	—	—	—	—	—	—
5	汉高帝三年七月有星孛于大角,旬余乃入	汉书、文献通考	前204	牧夫座α星附近	14 20	+20	346	+66	可能是再发新星
6	汉元光元年六月,客星见于房	汉书	前134	天蝎座	15 40	−25	313	+20	这是中西史上皆有记载的第一颗新星
7	汉元凤四年九月,客星在紫宫中斗枢极间	汉书	前77	大熊座	11 36	+60	103	+55	Williams 和 Biot 有考证,在 NGC 3587 附近
8	汉元凤五年四月烛星见奎娄间	汉书、文献通考	前76	双鱼座	1 20	+25	101	−36	Williams, Biot, Lundmark 有考证
9	汉地节元年正月,有星孛于西方,去太白二丈所	汉书	前69	—	—	—	—	—	—
10	汉初元元年四月,客星大如瓜,色青白,在南斗第二星东,可四尺	汉书	前48	人马座μ星之东	18	−25	335	−4	Williams,Biot, Lundmark 有考证,在 NGC 6578 附近
11	汉哀帝建平二年二月,彗星出牵牛。七十余日	汉书	前5	天鹰座α星附近	19 40	+10	16	−8	可能是射电源
12	后汉建武五年,客星犯帝座	后汉书·严光传	公元29	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24	可能是再发新星
13	后汉永平十三年冬十一月客星出于轩辕四十八日	后汉书、古今注	70	狮子座	10	+20	184	+54	Biot 和 Lundmark 有考证
14	后汉永元十三年冬十一月乙丑轩辕第四星间有小客星,色青黄	东汉会要、后汉书、文献通考	101.12.30	天猫座40星附近	9 20	+35	158	+47	Williams 和 Lundmark 有考证,但他们所确定的位置不对

续 表

号数	原 文	书 名	时 间	星 座	α	δ	l	b	附 注
15	后汉永初元年秋八月戊申,客星在东井弧星西南	通志·灾祥略、东汉会要	107.9.13	大犬座 δ 星附近	7^h	$-25°$	$205°$	$-8°$	Biot 和 Lundmark 有考证,在 NGC 2452 附近
16	后汉延光四年冬十一月,客星见天市	通志、文献通考、后汉书	125.12	蛇夫座	$17^h 20^m$	0	350	18	—
17	后汉中平二年十月癸亥,客星出南门中,大如半筵,五色喜怒,稍小,至后年六月消	后汉书、文献通考	185.12.7~187.7	半人马座 α,β 间	14 20	−60	282	0	Шкловский 认为是超新星,并且是射电源。近伏尔夫-拉叶星 −61°4431
18	魏黄初三年九月甲辰客星见太微左掖门内	晋书	222.11.4	室女座 η,β 星间	12	+1	248	+61	Williams, Biot, Lundmark 均有考证
19	晋太熙元年夏四月,客星在紫宫	通志、文献通考	290.5	恒显圈	—	—	—	—	Williams 认为可能在仙后座
20	晋永康元年三月妖星见南方	晋书	300.4	—	—	—	—	—	Williams 认为是流星,但 Lundmark 不以为然
21	晋永兴元年夏五月,客星守毕	晋书、通志、文献通考	304.6~7	金牛座	4 20	+20	144	−18	Williams, Biot, Lundmark 均有考证
22	晋永兴二年秋八月,有星孛于昴毕	通志	305.9	金牛座	4	+20	141	−22	—
23	晋升平二年夏五月丁亥,彗星出天船,在胃	通志	358.6.26	英仙座	3 20	+50	114	−4	—
24	晋太和四年春二月,客星见紫宫西垣,至七月乃灭	通志、文献通考	369.3~8	大熊座天龙座和鹿豹座之间	9	+70	111	+38	①
25	晋太元十一年春三月,客星在南斗,至六月乃灭	通志	386.4	人马座	18 40	−25	338	−11	在 NGC 6644 附近, Lundmark 有考证

① Шкловский 和 Паренао 曾认为:这颗新星爆发在仙后座里,并且可以和射电源($\alpha = 23^h21^m, \delta = 58°$)对应起来。但在这次编表过程中,发现紫宫西垣并不经过仙后座。紫宫西垣的主要七颗星是:天龙座 $\alpha,\kappa,\lambda,\delta$ 和鹿豹座 43,9,IH^1 星。这样一来,最强的射电源——仙后座射电源 A——就不能认为是超新星爆发的结果。

续 表

号数	原　文	书　名	时　间	星　座	α	δ	l	b	附　注
26	晋太元十八年春二月,客星在尾中,至九月乃灭	晋书、通志、通考	393.3.～10	天蝎座	17^h	−40°	314°	−1°	Williams 和 Biot 有考证,但所得位置不同,我们所得者和 Biot 的近于一致,在 NGC Ⅱ 4637 及伏尔夫－拉叶星－40°10919 附近
27	魏皇始元年夏六月有星彗于髦头,……先是有大黄星出于昴毕之分,五十余日。十一月黄星又见,天下莫敌	魏书	396.8	金牛座	4	+20	141	−22	可能是超新星
28	魏泰常五年十二月,客星见于翼	魏书	421	巨爵座和长蛇座之间	$11^h 20^m$	−20	244	+38	—
29	魏太延二年五月壬申,有星孛于房	魏书	436.6.21	天蝎座	15 40	−25	313	+21	—
30	魏太延三年(宋元嘉十四年)正月壬午,有星晡前昼见东北,在井左右,色黄赤,大如橘	魏书、宋书	437.2.26	双子座	6 40	+20	162	+9	张钰哲先生认为可能是彗星。Шкловский 认为可能是超新星
31	魏元象元年正月,客星出于紫宫	魏书	538.2.15～3.15	恒显圈	—	—	—	—	—
32	周保定元年九月乙巳,客星见于翼	隋书、通志	561.9.26	巨爵座 α 星附近	11	−20	240	+37	Williams, Biot 和 Lundmark 均有考证,NGC 3242 在其附近
33	陈光大二年六月壬子客星见氐东	文献通考	568.7.28	天秤座	14 40	−15	308	+38	Biot 和 Lundmark 认为 568 年 6 月
34	陈太建七年四月丙戌,有星孛于大角	隋书、通志	575.4.27	牧夫座 α 星附近	14 20	+20	346	+66	可能是公元前 204 年新星的再发
35	隋开皇八年十月甲子,有星孛于牵牛	通志、文献通考	588.11.22	天鹰座 α 星附近	19 40	+10	16	−8	—
36	唐贞观十三年三月乙丑有星孛于毕昴	新唐书、旧唐书、文献通考	639.4.30	金牛座	4	+20	141	−22	—
37	唐乾封二年四月丙辰有彗星于东北,在五车毕昴间。乙亥不见	文献通考	667.5.24～6.12	金牛座	5	+25	145	−8	—

续 表

号数	原 文	书 名	时 间	星座	α	δ	l	b	附 注
38	唐总章元年四月，彗星见五车，……星虽孛而光芒小，……廿二日星灭	旧唐书、唐会要	668.5.17～6.14	御夫座	$5^h 20^m$	+40°	136°	+4°	—
39	唐永淳二年三月丙午，有彗星于五车北，凡廿五日，至四月辛未不见	唐会要、旧唐书、新唐书和文献通考	683.4.20～5.15	御夫座	5	+40	134	+1	—
40	唐景龙元年十月十八日彗见西方至十一月甲寅不见，凡四十三日而灭	唐会要、旧唐书、新唐书	707.11.16～12.28	—	—	—	—	—	—
41	养老六年七月三日壬申，有客星见阁道边，凡五日	日本天文史料	722.8.19	仙后座 δ，ε 星附近	1 40	+60	97	−1	—
42	神龟二年正月廿四日有星孛于华盖	日本天文史料	725.2.11	仙后座 ψ，ω 附近	1 20	+70	93	+8	—
43	天平十六年十二月二日庚寅，有星孛于将军	日本天文史料	745.1.8	仙女座 γ，ν，τ 间	1 40	+40	102	−21	—
44	弘仁十四年正月辛酉，有星孛于西南，三日而不见	日本天文史料	823.2.19	—	—	—	—	—	—
45	（阿拉伯天文家观测）	Gesch. d'Astr.	827	天蝎座	17±	−30±	335±	−16±	Lundmark 新星星表中有。可能是超新星
46	唐太和三年十月，客星见于水位	新唐书、文献通考	829.11	小犬座	7 20	+10	176	+13	Williams，Biot 和 Lundmark 均有考证
47	唐开成四年闰正月有彗星于卷舌西北，二月乙卯不见	新唐书	839.3.12.～3.21	英仙座	3 20	+40	120	−12	—
48	唐开成五年二月有彗星于营室东壁间，廿日灭	新唐书、文献通考	840.3.20	飞马座	23 40	+20	72	−40	—
49	唐大中六年三月有彗星于觜参	新唐书	852.4	猎户座	5 40	+10	164	− 8	—
50	元庆元年正月廿五日戌时，客星在壁，见西方	日本天文史料	877.2.11	仙女座 α 和飞马座 γ 间	0	+20	78	−41	—

续 表

号数	原文	书名	时间	星座	α	δ	l	b	附注
51	宽平三年三月廿九日乙卯,客星在东咸星东方,相去一寸许	日本天文史料	891.5.11	蛇夫座 ϕ, χ, ψ, ω 之东	$16^h 20^m$	-20°	324°	+18°	—
52	唐景福元年十一月有星孛于斗牛	新唐书	892.12	人马座和摩羯座之间	19 40	-20	348	-22	—
53	唐光化三年正月客星出于中垣宦者旁,大如桃,光炎射宦者,宦者不见	新唐书、文献通考	900.2	武仙座	17	+15	2	+29	Biot 和 Lundmark 有考证
54	唐天复二年正月客星如桃,在紫宫、华盖星下。丁卯有流星,起文昌,抵客星,客星不动,己巳客星在杠守之,明年犹不去	文献通考	902	仙后座 ω, ψ 星附近	1 30	+65	97	-6	—
55	梁乾化元年五月,客星犯帝座	文献通考	911.6	武仙座 α 星附近	17 20	+15	5	+24	Biot 和 Lundmark 有考证。可能是公元 29 年新星之再发
56	延长八年五月以后,七月以前,客星入羽林中	日本天文史料	930	—	—	—	—	—	—
57	宋景德三年有巨星见于天氐之西,光芒如金圆,无有识者	玉壶清话	1006	豺狼座 κ 星附近	15	-50	292	+6	可能是超新星,并且是射电源①
58	宋大中祥符四年正月丁丑,客星见南斗魁前	宋史、文献通考	1011.2.8	人马座	19 20	-30	336	-22	—
59	宋明道元年六月乙巳客星出东方近浊,如木星大,微有芒彗,至丁巳,凡十三日而灭	文献通考	1032.7.15~7.27	—	—	—	—	—	—

① 关于这颗超新星记载的资料尚有:

(1)《文献通考》:"宋真宗景德三年四月戊寅周伯星出氐南、骑官西一度。状半月,有芒角,煌煌然可以鉴物。……八月随天轮入浊,十一月复见在氐。自是常以十一月晨见东南方,八月西南入浊。"根据这段记载,这颗新星可见时间很长(四月戊寅相当于 5 月 6 日)。

(2)《宋史新编·真宗本纪》"景德三年五月壬寅(5 月 30 日),日当食不亏,周伯星见。……十一月壬寅(11 月 26 日),周伯星再见。"

(3)《宋史·天文志》:"宋景德三年三月乙巳客星出东南方。"景德三年三月乙巳相当于 1006 年 4 月 3 日。

(4) 日本《明月记》:"宽弘三年四月二日癸酉(5 月 1 日)夜以降,骑官中有大客星,如荧惑,光明动摇,连夜正见南方。或云骑阵将军星变本体增光欤。"可见这颗新星当时亮如火星,在 κ Lup 星附近。

(5) Schönfeld 在 A. N. 127, 153 上说,1006 年初 Hepidanus 及 Barhebreäus 曾在天蝎座观测到新星。可能与此为同一新星。

续 表

号数	原　文	书　名	时　间	星　座	α	δ	l	b	附　注
60	宋至和元年五月己丑客星出天关东南，可数寸，岁余稍没	宋史	1054.7.4	金牛座ζ星附近	$5^h\ 30^m$	+20°	155°	−3°	金牛座蟹状星云 NGC 1952（=MI）即其残迹，是颗超新星，也是射电源①
61	辽咸雍元年八月丙申，客星犯天庙	辽史·道宗本纪	1065.9.11	长蛇座与唧筒座之间	10 20	−30	265	+32	—
62	宋熙宁三年十一月丁未，客星出天囷	文献通考、宋史	1070.12.25	鲸鱼座	2 40	+10	132	−42	Biot 和 Lundmark 有考证
63	辽太康五年十二月丙午彗星犯尾	续文献通考、辽史	1080.1.6	天蝎座	17	−40	314	−1	—
64	宋高宗绍兴八年五月，客星守娄	文献通考	1138.6	近白羊座β星	1 50	+22	112	−39	—
65	宋绍兴九年二月壬申，客星守亢	宋史、文献通考	1139.3.23	室女座	14 20	−10	306	+45	Biot 和 Lundmark 有考证
66	宋淳熙二年七月辛丑，有星孛于西方，当紫微垣外七公之上，小如荧惑，森然蓬勃至，丙午始消	宋史、宋史新编	1175.8.10～8.15	牧夫座、武仙座和天龙座之间	16	+60	58	+44	—
67	宋淳熙八年六月己巳，客星出奎宿，犯传舍星，至明年正月癸酉，凡一百八十五日始灭	宋史、文献通考	1181.8.6～1182.2.6	仙后座	1 40	+70	95	9	②
68	宋嘉泰三年六月乙卯，东南方泛出一星，在尾宿，青白色，无芒彗，系是客星，如土星大	文献通考	1203.7.28～8.6	天蝎座	17	−40	314	−1	NGC 4673 及伏尔夫−拉叶星 −40°10919 在其附近

① 关于这颗超新星，尚有以下参考资料：

(1) 日本《明月记》："天喜二年四月中旬以后，丑时客星出觜参度，见东方，孛天关星，大如岁星。"可见当时的亮度犹如木星。

(2)《宋史·仁宗本纪》："嘉祐元年三月辛未，司天监言自至和元年五月客星出东方守天关，至是没。"嘉祐元年三月辛未相当于公元 1056 年 4 月 6 日，可见这颗星在一年零十个月中都可看见。

(3) Duyvendak, Oort, Mayall: Supernova in Taurus, PASP, 54, 91, 95 (1942).

② 关于这 WH 新星尚有以下文献可以参考：

(a)《金史》："金大定二十一年六月甲戌客星见于华盖，凡百五十有六日灭。"

(b) 日本《吾妻镜》："治承五年六月廿五日庚午，戌刻客星见艮方，大如镇星，色青赤，有芒角，是宽弘三年出现之后，无例云云。"艮方即东北方。按照这段文字记载，这颗星当时曾发亮到和土星一样，是 1006 年以来未曾有的现象。可以肯定，这颗星是超新星。

(c) 日本《玉叶》："养和元年六月廿八日癸酉，传闻自六月廿五日起，客星出内天王良旁。"

(d) 日本《明月记》："治承五年六月廿五日庚午，戌时客星见北方，近王良星，守传舍星。"

(e) 日本《百鍊抄》："治承五年六月廿五日，客星见北极。"

续 表

号数	原 文	书 名	时 间	星 座	α	δ	l	b	附 注
68	宋嘉泰三年六月乙卯,客星出东南尾宿间,色青白,大如填星,甲子守尾	宋史	—	—	—	—	—	—	Шкловский 认为是颗超新星
69	宋嘉定十七年六月乙丑,客星守犯尾宿	宋史	1224.7.11	天蝎座	17^h	$-40°$	$314°$	$-1°$	—
70	宋绍定三年十一月丁酉,有星孛于天市垣屠肆星之下,明年二月壬午乃消	宋史、宋史新编	1230.12.15 ~1231.3.20	武仙座 109 星之南	$18^h 20^m$	+20	16	+13	Biot 和 Lundmark 有考证。日本天文史料中亦有很多记载。①可能是超新星。但日本记在天鹅座
71	宋绍定五年闰九月庚戌,彗星见东方角宿,十月己未始消	宋史新编、宋史、金史、续文献通考	1232.10.18 ~11.26	室女座 α 和 ζ 星之间	13 20	−10	286	+51	—
72	宋嘉熙四年五月辛未,彗星见于室,至明年三月辛未始消	宋 史	1240.6.5~ 1241.4.25	飞马座	23	+20	60	−36	—
73	宋嘉熙四年七月庚寅,客星出尾宿	宋史、续文献通考	1240.8.17	天蝎座	17	−40	314	−1	—
74	元大德元年八月丁巳妖星出奎,九月辛酉朔,妖星复犯奎	元史、续文献通考	1297.9.9~ 9.18	仙女座与双鱼座之间	1	+30	95	−32	—
75	元大德二年十二月甲戌,彗出子孙星下	元史、续文献通考	1299.1.24	天鸽座	6	−40	214	−25	—
76	元皇庆二年三月丁未,彗出东井	元 史	1313.4.13	双子座	6 40	+20	162	+9	—
77	明洪武廿一年二月丙寅,有星出东壁	明 史	1388.3.29	飞马座 γ 和仙女座 α 之间	0	+20	78	−41	Lundmark 表中的位置不对

① (1) 日本《百錬抄》:“宽喜二年十月廿九日自昨日夜客星出现,养和元年(1181 年)以后无此变欤。”宽喜二年十月廿九日相当于 1230 年 12 月 4 日。
(2) 日本《明月记》:宽喜二年十一月三日夜“奇星现辛方,在织女东,天津艮,奚仲旁。”奚仲为天鹅座 χ, ι, θ 三星。
(3) 日本《吾妻镜》:“宽喜二年十二月五日壬戌,客星出现;十一日戊辰,今晓客星犹出现。京都十月廿八日出现,天文博士维藩朝臣最先奏闻。”
(4) 日本《本国寺年谱》:“宽喜二年十二月五日客星西州见之,十月京洛见之廿八日。”

续 表

号数	原 文	书 名	时 间	星 座	α	δ	l	b	附 注
78	明永乐二年十月庚辰辇道东南有星如笺,黄色,光润而不行	明史	1404.11.14	天琴座	19^h	$+40°$	$38°$	$+14°$	—
79	明宣德五年八月庚寅有星见南河旁,如弹丸大,色青黑,凡二十六日灭	明史、续文献通考	1430.9.9	小犬座 α,β 星附近	$7^h 20^m$	+7	176	+13	Williams 和 Lundmark 有考证
80	明宣德五年十二月丁亥有星如弹丸,见九斿旁,黄白光润,旬有五日而隐。六年三月壬午又见	明史、续文献通考	1431.1.4~4.3	波江座 μ,ω,ψ 附近	5	−10	177	−27	Williams 和 Lundmark 有考证
81	明天顺五年六月壬辰天市垣宗正星旁有星粉白,至乙未化为白气而消	明史、续文献通考	1461.7.30~8.2	蛇夫座 β 星附近	17 40	0	353	+13	Lundmark 有考证
82	明隆庆六年冬十月丙辰彗星见东北方,至万历二年四月乃灭	明史稿·神宗本纪	1572.11.8~1574.5	仙后座 γ 星附近	0 40	+60	90	−2	此即 Tycho 新星。它是颗超新星,又是射电源①
83	明万历六年正月戊辰有大星如日,出自西方,众星皆西环	明史、明史稿、续文献通考	1578.2.22	—	—	—	—	—	Williams, Biot 和 Lundmark 都有考证,但可能性不大
84	明万历十二年六月己酉,有星出房	明史、续文献通考	1584.7.11②	天蝎座	15 40	−25	313	+21	Williams, Biot 和 Lundmark 有考证
85	明万历三十二年九月乙丑,尾分有星如弹丸,色赤黄,见西南方,至十月而隐。十二月辛酉,转出东南方,仍尾分。明年二月渐暗,八月丁卯始灭	明史、续文献通考	1604.10.10~1605.10.7	蛇夫座	—	—	337	−4	此即 Kepler 新星。Williams, Biot 和 Lundmark 均弄错了
86	明万历三十七年有大星见西南,芒刺四射	明史、续文献通考	1609	—	—	—	—	—	Williams, Biot 和 Lundmark 有考证,但可能性不大

① (1)《明史·天文志》星表部分记有:"……又有古无今有者,策星旁有客星,万历元年新出,先大今小。"策星即仙后座 γ 星。
(2)《中西经星同异考》梅文鼎序中有:"王良之策有万历癸酉年新出之星。"

② 从这时起,西洋人都把日期换算弄错了 10 天,他们没有考虑到 1582 年的改历。

续 表

号数	原 文	书 名	时 间	星 座	α	δ	l	b	附 注
87	明天启元年四月癸酉,赤星见于东方	明史、续文献通考	1621.5.22	—	—	—	—	—	Williams 和 Lundmark 皆列入新星表中
88	清康熙十五年正月戊子,异星见于天苑东北,色白	清史稿	1676.2.18	波江座	4^h	−10°	169°	−40°	—
89	清康熙二十七年十月己酉,异星见奎,色白	清史稿	1688.11.2	仙女座	1	+30	95	−32	—
90	清康熙二十九年八月乙酉,异星见箕,色黄,凡二夜	清史稿	1690.10.18	人马座	18	−30	331	−10	—

(在表的制作过程中得到竺可桢、叶企孙、张钰哲、戴文赛和 И. С. Шкловский 的鼓励和很多帮助,特此致谢)

1955 年 8 月

A New Catalogue of Ancient Novae and Super Novae

In the last thirty years, astronomers have relied mainly on Lundmark's article published in P.A.S.P. Vol. 33, p. 225, 1921 for information on Chinese records of ancient novae. His list of sixty ancient novae is still in use even now in connection with the identification of radio point sources with supernovae, but it is incomplete and has some errors. Lundmark got his information mainly from Biot and Williams' work, whereas Biot and Williams relied almost entirely on Ma Tuan-Lin's "Wen Hsian Tung K'ao," which is good but by no means a complete summary of the astronomical records in Chinese annals. For example, No. 5 (64 A. D.) in Lundmark's list should be a comet instead of a nova, because in the Annals it was described as being "eight feet long" (about twenty degrees). Likewise, Nos. 6, (66 A. D.), 23 (684 A. D.), and 32 (962 A. D.), in the same list were all actually comets, and not novae. There are evidences to prove that Nos. 26, 27, and 28 (837 A.D.) were records of the same comet (Fig. 1.).

For the purpose of remedying the above-mentioned shortcomings and adapting to the present need of cosmogony and radio astronomy, we have since the spring of 1954, made investigations of the novae data available in the Chinese history. With the aid of these data, a new catalogue comprising 90 naked-eye novae has been compiled.

Among them the nova of 29 A. D. and that of 911 A. D. have exactly the same description of position in the Chinese annals (near α Her). So do the nova of 204 B. C. and that of 575

A. D. (near Arcturus). Possibly they are two recurrent novae.

In this catalogue one can further find eleven supernovae, seven of which have made appearance earlier or later in the past 1,000 years, that is to say, one in every 150 years on the average. This shows a greater frequency as compared with the previous estimates.

After the compilation of this new catalogue of ancient novae, we have worked out statistics of apparent distribution of 61 ancient novae which have each a comparatively definite location. It is found that these novae are noticeably concentrated in galactic latitude towards the galactic plane. Though in galactic longitude they are not found to concentrate towards the galactic centre, yet it is possibly due to the fact that the novae appearing in the vicinity of the South Pole are invisible in China.

〔原刊《天文学报》,第3卷,第2期,1955年12月;英文译本见 Smithsonian Contributions to *Astrophysics*, Vol. 2, No. 6, Washington, D. C, 1958;又见 *Soviet Astronomy*, Vol. 1, No. 2, New York, 1958〕;

僧一行观测恒星位置的工作

恒星有运动。这运动可以分为两个分量:视向速度和切向速度。视向速度由观测光谱线的位移,用都普勒－别洛波尔斯基公式

$$v_r = \frac{c(\lambda' - \lambda)}{\lambda} \tag{1}$$

可以算出。这公式是1847年由都普勒提出,1900年由别洛波尔斯基用实验证明的。这都是晚近的事。

切向速度

$$v_t = 4.74\,\frac{\mu}{\pi} \tag{2}$$

其中 μ 为以每年若干弧秒计的自行,π 为视差。因此在知道了距离和自行以后,v_t 即可求出。第一次天体距离的测量,是由俄国斯特鲁维、德国白塞耳、英国汗德逊于1835到1840年间分别开始的。自行一般人认为是英国哈雷于1718年发现的,但也有些人认为这在哈雷之前约一千年,中国伟大的天文学家僧一行(张遂683—729)就曾发现了这个现象[1-8]。

梅文鼎的主要根据是《旧唐书》[9]和《新唐书》天文志[10]的一段话。其中说明僧一行所测的二十八宿的距星的去极度数和以往不同:从牵牛到东井,这十四宿,都是古代的数值大,而唐代的小,其余十四宿的则相反。具体的数值见表1和表2。

按照《旧唐书》记载,当时春分点在奎5°多,秋分点在轸14°少,冬至点在斗10°,夏至点在井13°少。故表1的星宿代表从冬至经春分点到夏至的半个天球,表2的星宿代表从夏至经秋分到冬至的半个天球。

梅文鼎看了这两张表以后,即以为僧一行可以由此进一步推断出恒星的自行[1,7]。如梅文鼎说:"近两至处,恒星之差在经度,故可言东移者,亦可言岁西迁。近二分处,恒星之差竟在纬度,故星实东移,始得有差。若只两至西移,诸星经纬不应有变也。"[1]由此可以看出,梅文鼎对于岁差现象并未彻底了解。现在我们知道计算岁差的公式为[11]:

$$\begin{cases} \alpha = \alpha_0 + (t - t_0)\dfrac{\mathrm{d}\alpha}{\mathrm{d}t} + \dfrac{(t - t_0)^2}{2!}\dfrac{\mathrm{d}^2\alpha}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{(t - t_0)^3}{3!}\dfrac{\mathrm{d}^3\alpha}{\mathrm{d}t^3} + \cdots & (3) \\ \delta = \delta_0 + (t - t_0)\dfrac{\mathrm{d}\delta}{\mathrm{d}t} + \dfrac{(t - t_0)^2}{2!}\dfrac{\mathrm{d}^2\delta}{\alpha\mathrm{t}^2} + \dfrac{(t - t_0)^3}{3!}\dfrac{\mathrm{d}^3\delta}{\mathrm{d}t^3} + \cdots & (4) \end{cases}$$

表1 极距减小者

	牛	女	虚	危	室	壁	奎	娄	胃昴	毕	觜	参	井
古测(P_0)	106°	101°	104°	97°	85°	86°	76°	80°	74°	78°	84°	94°	70°
唐测 P	104		101	97	83	84	73	77	72	76	82	93	68
$P—P_0$	−2		−3	0	−2	−2	−3	−3	−2	−2	−2	−1	−2
计算所得	−0.9	−0.9	−2.4	−2.4	−2.8	−3.1	−3.2	−3.3	−2.8	−2.4	−1.7	−1.5	−1.1
误　差	1.1		0.6	2.4	0.8	1.1	0.2	0.3	0.8	0.4	0.3	0.5	0.9

表2 极距增加者

	鬼	柳	星	张	翼	轸	角	亢	氐	房	心	尾	箕	斗
古测(P_0)	68°	77°	91°	97°	97°	98°	91°	89°	94°	108°	108°	190°	118°	116°
唐测(P)	68°	80.5	93.5	100	103	100	93.5	91.5	98	110.5	110	194	120	119
$P—P_0$	0	+3.5	+2.5	+3	+2	+2	+2.5	+2.5	+4	+2.5	+2	+4	+2	+3
计算所得	+0.9	+0.9	+1.7	+2.4	+3.2	+3.2	+3.3	+2.9	+3.2	+2.9	+2.4	+2.4	+1.7	+0.9
误　差	0.9	2.6	+0.8	0.6	1.2	1.2	0.8	0.4	0.8	0.4	1.6	1.6	0.3	2.1

一般说来,若所希望的准确度到 $0^s.01$ 和 $0''.1$,而赤纬不大时,即使$(t-t_0)$达到 25～50 年,也只取到$\frac{d^2\alpha}{dt^2}$和$\frac{d^2\delta}{dt^2}$项。现在我们所讨论的问题,虽然$(t-t_0)$可以达到好几百年,但所希望的准确度只到度,故可以只取到$\frac{d\alpha}{dt}$和$\frac{d\delta}{dt}$项。于是

$$\begin{cases} \alpha-\alpha_0=(t-t_0)\dfrac{d\alpha}{dt}=(t-t_0)(m+n\sin\alpha\ \tan\delta) & (5) \\ \delta-\delta_0=(t-t_0)\dfrac{d\delta}{dt}=(t-t_0)n\cos\alpha & (6) \end{cases}$$

由(6)立刻可以看出:

当 $\alpha=0^h$(春分),　$\frac{d\delta}{dt}=n$,　赤纬增加。

当 $\alpha=12^h$(秋分),　$\frac{d\delta}{dt}=-n$,赤纬减小。

当 $\alpha=6^h,18^h$(二至),　$\frac{d\delta}{dt}=0$,　赤纬不变。

赤纬增加即极距减小,赤纬减小即极距增加,因为

$$P=90°-\delta \tag{7}$$

现在我们把(5)、(6)、(7)式应用到僧一行的观测资料上。按照下列公式:

$$\begin{cases} m=46''.08506+0''.027945\ T+0''.00012\ T^2 & (8) \\ n=20''.04685-0''.008533\ T-0''.00037\ T^2 & (9) \end{cases}$$

算得 500 年的 $m=3^s.04$,$n=20''.26=1^s.35$。取 $t=725$ 年(该年僧一行制成黄道游仪)。但 t_0 取在什么时候就有问题。我们首先取落下闳作太初历的时候(公元前 104 年),因为《元史》里有“二十八宿之距度,古今六测不同”,而第一次为落下闳所测[12]。《畴人传·一行传》里也说“古历星度及汉落下闳等所测,其星距远近不同,然二十八宿之体不异”。这样 $t-t_0=800$(年)。但计算结果与观测所得相比较,误差在 1°以上者,竟达 70%以上。我们认为这样大的误差是不可能的。按黄赤交角[13]:

$$\varepsilon=23°27'08''.26-46''.845\ T-0''.0059\ T^2+0''.00181\ T^3 \tag{10}$$

算得落下闳时代 $\varepsilon\approx23°43'$,僧一行时代 $\varepsilon\approx23°35'$;而汉唐所测得黄赤交角为 24 度。化分圆周为 $365\frac{1}{4}°$的度(中国古度)为分圆周为 360°的度,得 24 度≈23°42′,可见汉唐所测误差都只有几分。当然,不能将长时期地用土圭量日影求得的黄赤交角的精确度来对比恒星位置测量

的精确度，因为后者要难得多。但是，把两次观测误差加起来，不超过一度，总还是可以相信的。这样，若设两次观测相距 600 年，则应用(5)、(6)和(7)式算出的结果是表 1 和表 2 中的第四列。本来所有数值都该用 1.0148 来乘(化 360°的度为 $365\frac{1}{4}$°的度)，但考虑到乘后的变化不大，就没有乘。

表 1 和表 2 中三、四两列的相应数值相减得到第五列的误差。26 个数值中大于 1°的，共有 9 个，只占$\frac{1}{3}$，这个结果应该认为满意。

自僧一行制成赤道游仪之时上推 600 年为公元 125 年，这正是我国另一位伟大天文学家张衡(78—139)活动的时期，因此我国第一次测量二十八宿距星的去极度数可能是在后汉时代。但是现存汉人著作里，并找不到这些数据。只有《开元占经》中所引"石氏星经"的距星去极度数才和《旧唐书·天文志》中所列的古测数值相同[14]，不同的只有几个，即：牛 110°，女 106°，危 99°，奎 70°，参(缺)，柳 79°，星 93°，轸 99°，亢(缺)，心 108°.5 等 10 个。其中牛、女、奎、星、轸的数值，显然是开元占经中的记载有错误，危、柳的数值可能是唐书中的记载有错误。经过调整后，误差超过 1°的，只剩下 6 个，还不到总数的$\frac{1}{4}$，更令人满意。

从这里可以看出，现存所谓"甘石星经"绝非如日人上田穰和新城新藏所认为的是公元前 360—前 300 年间的作品[15-17]，而是后汉时代的作品。还有五个理由来支持这一论点：(1)《畴人传·僧一行传》内有："古以牵牛上星(α - Cap)为距，太初改用中星(β - Cap)"，而《开元占经》所引的即用中星(β - Cap)为距星。(2) 钱宝琮先生曾详细地论证过"甘石星经"，他认为《开元占经》中的"甘石星经"是梁时的作品[18]。书可能是梁时作的，但这并不排斥观测资料是后汉时代积累的。(3)《开元占经》"石氏星经"中二十八宿距度下，有些又附以古代度数，如石氏曰："心三星，五度，古十二度。"这个古十二度，可能是原"石氏星经"中的度数，而五度则为汉代"石氏星经"的度数。(4) 黄道的概念起源很迟，《后汉书》里才有二十八宿的黄道距度[19]，而"甘石星经"中已有了黄道度数。(5) 中国关于"度"的观念开始于汉代。

因此，可以得出这样一个结论：起初是战国时代有甘氏、石氏做出"星经"(星占学的作品)，经后汉时人加以科学的改进，才成为今存的"甘石星经"。把"甘石星经"中二十八宿距星的极距和唐时测得的比较，有显然的变化，这变化完全可以用岁差来解释。

主张僧一行发现恒星自行的学者们，还有另一根据，即新旧《唐书·天文志》[9-10]里除叙述一行所测二十八宿极距和古代的不同外，还有约 130 颗星的位置也有显著变化。这 130 颗星的位置变化可以分为三大类：(1) 赤纬有显著变化者；(2) 黄纬有显著变化者；(3) 和其他星比较，相对位置有显著变化者。

先看赤纬有显著变化的星(见表 3)。天囷中最亮的星是 α - Cet，由(5)和(6)式算出它在汉唐间的赤纬变化是 +3°。1875 年该星的 δ = +3°36′。假若在唐时，这颗星刚跨过赤道，而当时观测误差又是 1°的话，则正好与事实相符合。

霹雳五星中赤纬最小的一颗，也是最亮的一颗 γ - Psc，它在汉唐间的赤纬变化应为 +2°.9，而 1875 年的 δ = +2°36′，足见唐时它还没有跨过赤道，僧一行的观测是正确的。赤纬次小的一个是 β - Psc，它 1875 年的 δ = +3°9′，汉唐间的赤纬变化为 2°.8。当时的观测误差范围内认为它已跨过赤道，是有可能的。

雷电和土公吏(皆在飞马座)，用岁差很难解释。但也不能用自行解释，因为雷电一(ζ - Peg)的自行 μ_δ 每千年才 7″，而且是负值；土公吏一(31Peg)也只每千年 +17″，不足以解释

那样大的变化。

表 3　赤纬有显著变化的星

星　　名	旧　测	唐　　　测	增　减
天囷(13 星)	−	0°	+
雷电(6 星)	−5°	+2°	+7°
霹雳(5 星)	−4°	(四星)+(一星)−	+
土公吏(2 星)	−	+6°	+

由于岁差,恒星黄纬每年的变化:

$$\frac{d\beta}{dt} = k\sin(\lambda + N_0) \tag{11}$$

其中 λ 为黄经,κ 和 N_0 为常数,对于 1950 年 $\kappa = 0''.4707$, $N_0 = 6°59'.30$;可见至少要经历 3800 多年,黄纬才变化半度,这显然不能说明表 4 中的两次观测结果之差。但同时也不能用自行说明。这些星中自行最大的一颗天江二(36 - Oph)其

$$\mu_\alpha = -0.''493, \qquad \mu_\delta = -1''.120$$

即在赤经方面每千年才有 8′13″改变,就是在赤纬方面也不过每千年 18′40″,以当时观测技术绝发现不了。同时这种自行数量太小,也解释不了表中那样大的变化。

剩下的惟一可能解释就是古代黄纬测量得不准确。这可用下列一个事实证明:狗国四星在人马座,彼此位置很近,今平均黄纬 $\beta \approx -5°$,按表 4 中的两次观测,黄纬是增加的,而且唐时已到黄道上,但现在却又在黄道南 5°,足证古时观测有误。

表 4　黄纬有显著变化的星

星　名	旧　测	唐　测	增　减	星　名	旧　测	唐　测	增　减
天关(1 星)	−4°	0°	+4°	长垣(4 星)	0°	+5°	+5°
天江(4 星)	−	0	+	天桴	+	0	−
建星(6 星)	+0.5	+4.5	+4	天高(4 星)	−	0	+
云雨(4 星)	−	+7	+7	狗国(4 星)	−	0	+
虚梁(7 星)	−4	+4	+8	罗堰(3 星)	0	+	+
外屏(7 星)	−3	0	+3	天尊(3 星)	+	0	−

把这一事实和二十八宿黄道距度到后汉时才又结合起来,更可以证明黄道观念是相当晚才出现的。而且利用黄道坐标所量星的位置很不准确。

至于和其他星比较,相对位置有显著变化的星,列在表 5 中。

表 5 相对位置有显著变化的星

星　名	古时位置	唐时位置	引起变化的原因
北斗(7星) α UMa	星 7°①	张 13°	岁差
β UMa	张 12	张 12.5	岁差
γ UMa	翼 2	翼 13	岁差
δ UMa	翼 8	翼 17(强)	岁差
ε UMa	轸 8	轸 10.5	岁差
ζ UMa	角 7	角 4(弱)	(根据岁差计算,数值约同,但符号相反,可能是原文把次序颠倒了)
η UMa	亢 4	角 12(弱)	—
文昌(6星)	二星在鬼,四星在井	四星在柳,一星在鬼,一星在井	岁差
上台(2星)	井	柳	岁差
中台(2星)	星	张	岁差
天宛(16星)	昴、毕	胃、昴	(可能是原文把次序颠倒了)
王良(5星)	壁	四星在奎,一星在壁	岁差
外屏(7星)	觜	毕	距度改变,古时毕 16°,觜 2°,唐改为毕 17°.5,觜 0°.5
八魁(9星)	室	五星在壁,四星在室	岁差

① 原文为 1°,可能是 7°之误。

由表 5 可以看出,这些星的位置绝大多数都可以用岁差解释,成问题的是 ζ UMa,η UMa 和天宛一组星。但是这些星位置的反常变化,也不能用自行解释,因为:ζ UMa 的 μ_α 为正,η UMa 的μ_α 虽为负,但也只每年 $-0''.114$,1 000 年的变化还不到 $2'$,也丝毫无法解释上述的观测结果;天宛一组中,虽有几个星的 μ_α 为负值,但自行最大的 ε Eri 的 μ_α 也不过每千年 $-16'7''$,以当时观测技术是不可能发现的。

至此,我们完全可以肯定:僧一行并没有发现自行,以后在天文学史的著作里,不必再提此事;同时,对于“甘石星经”制成的年代,也值得重新考虑,成书于后汉时代的可能性很大。

(本文曾在 1956 年 7 月 9—12 日中国科学院召开的中国自然科学史第一次讨论会上宣读)

参 考 文 献

[1] 梅文鼎:《历算全书》卷二。

[2] 阮元:《畴人传·梁令瓒传》。

[3] 齐召南:《唐书·天文志》按语。

[4] 朱文鑫. 历法通志. 第二章.

[5] 竺可桢. 中国古代在天文学上的伟大贡献. 科学通报,1951,2(2).

[6] 陈遵妫. 中国古代天文学简史. 上海:上海人民出版社. 1955.

[7] 陈遵妫.中国古代天文学的成就.
[8] 林端炤.唐代卓越的天文家——僧一行.光明日报.1956-01-16.
[9] 刘昫等:《旧唐书》卷31《天文志》。
[10] 欧阳修:《新唐书》卷35《天文志》。
[11] Блажко.С.Н.. Курс сферической астрономии.(易照华,杨海寿译.球面天文学教程,第十章)
[12] 宋濂等:《元史》卷52《历志》。
[13] Newcomb. Tables of the Sun.
[14] 瞿昙悉达:《开元占经》卷60。
[15] Joe Veta. Shih Shen's Catalogue of Stars, the Oldest Star Catalogue in The Orient.
[16] 新城新藏.中国上古天文:第八章.
[17] 新城新藏.东洋天文学史研究:第一章.
[18] 钱宝琮.甘石星经源流考.浙江大学季刊,1937(1).
[19] 范晔:《后汉书》卷13《历法》.
[20] Schlesinger, F.. Catalogue of Bright Stars. Yale University Observatory.

On the Observation of Star Positions By Monk Yi Hxing(683 – 729 A.D.)

Noted Chinese astronomer of the T'ang Dynasty, Priest Yi Hsing, observed the polar distance of the controlling stars of the 28 lunar mansions. Comparing his results with those obtained by his predecessors in still earlier days, he found that 14 of the stars from "Chien Niu"(β Cap) to "Tung Ching"(μ Gem) via"Kwei"(μ And) had a greater value in more ancient times than in the T'ang Dynasty, while the other 14 stars had a smaller value.

Based on these differences, the present paper makes calculations by means of the equations for the precession, and ascertains that the two observations took place about 600 years apart, that is to say, the first one was made in the Late Han Dynasty. Yet the earlier values are found in the "Kan-shih-hsing-ching"(Star Catalogue by Kan and Shih) which is preserved in the collected "K'ai Yuan Chan Ching". It is thus clear that this star catalogue, one of the earliest in the world was written some 500 years later than what is commonly recognized.

In addition to these 28 controlling stars the Monk-astronomer further located about 130 more stars, the positions of which as found by him also differ from the past records. Several recent authors have considered these to be the monk's discovery with regard to the proper motion of fixed stars. The present calculations have proven that the variation of the location of the stars observed by the Monk was not due to the proper motion but due to the observational errors and the precession.

〔原刊《天文学报》,第4卷,第2期,1956年12月〕

人造卫星一两年内即将出现

如果说星际航行还要在一二十年以后，那么人造卫星的出现，就是一两年之内的事情了。去年8月间在西班牙召开的国际地球物理年筹备会议上，苏联和美国宣布：在从今年7月到明年年底的国际地球物理年中，他们将发射人造卫星。

人造卫星是一件很费钱费事的工作，一点很小很小的问题注意不到，巨大的劳动就会白白浪费。现在苏联和美国的科学家们正在进行复杂而细致的准备工作。

据悉：一两年内发射的人造卫星将不止一个；它们用不同的材料制成，有的用金属，有的用塑料。发射出去后，环绕地球运行的轨道也各不相同：有的通过南北极的上空，转一圈，通过所有的经纬度，任何地方的人都能看见它；有的轨道和赤道成斜交；有的沿着和赤道平行的圈子旋转，这时如果它的方向和地球自转的方向相反，那么我们就可以看到一种奇特的现象：这个卫星是西升东落的。

不过，人造卫星都小得很，不像天然卫星——月亮——那样，一望就可以看见。最初发射的人造卫星只有几十千克重，体积也不过像足球那么大。把这样小的东西，高悬在几百千米的高空，当然是看不见的了。不过，现在已经想出了一个很巧妙的办法：在人造卫星的表面上涂上钠粉，由于它和稀薄的空气的摩擦，发出一种黄色光，这样，在日出前或日落后用小的望远镜就可以看见。

人造卫星虽然不大，但里面却放有许多最新式的精密仪器。这些仪器可以进行大地测量、地磁测量，可以记录宇宙线的强度、电离层的变化和高空的天气变化，还可以收集各种天文资料。仪器所记录的一切，都可以通过无线电立刻传达到地面。因此，尽管由于和空气的摩擦，经过一个时期后，人造卫星会发热、烧红，闪亮一下而化为乌有，但这对进行科学研究并没有妨碍。

如果在赤道的上空，发射上三颗人造卫星，并使它们彼此相距120度，就可以成为很好的无线电广播和电视的转播站。地球上任何一个地方精彩的艺术表演，全世界立刻都可以听到、看到。

不但如此，随着技术的改进，将来人造卫星可以造得更大，发射得更高。那时，我们就可以把它当做跳板，飞向遥远的天方，到月球上去、到火星上去。

〔原刊1957年2月16日《科学小报》(北京)〕

纪念齐奥尔科夫斯基诞辰 100 周年

《淮南子》里有“嫦娥奔月”的故事,敦煌石窟中有“飞天”的壁画,但是这些都是幻想。把人类的这种幻想变成科学的现实可能性的是俄国卡路格(Калуг)城的一位中学教师:康士坦金·爱多尔道维奇·齐奥尔科夫斯基(Константин Эдуардович Циолковский)。

齐奥尔科夫斯基于 1857 年 9 月 17 日出生在一个管林人家里,幼年多病,9 岁时因得猩红热,耳朵几乎完全失去了听觉,于是只得中途辍学。14 岁起开始自学,22 岁参加中学数学教师招聘考试合格,从此开始教学生活。他一面教学,一面利用业余时间,自己花钱买些仪器,进行科学研究。这样的辛勤劳动,孤军奋斗,四十年如一日,一直到了苏联伟大的十月社会主义革命成功,党和政府才让他退休,给他以优良条件,专门从事科学研究。1919 年这位伟大的学者以激动的心情写道:

“我现在意识到自己不是孤独的……”

“只有我的苏维埃祖国能看重我,新的真正的祖国给我提供了生活和工作的条件。”

1920 年列宁亲笔签署了一个给齐奥尔科夫斯基以各方面帮助的指令。

1932 年在莫斯科、列宁格勒和卡路格举行了盛大的庆祝会,庆祝齐奥尔科夫斯基从事科学工作 40 周年和诞生 75 周年。在莫斯科的会上,政府将劳动红旗勋章授予了齐奥尔科夫斯基。

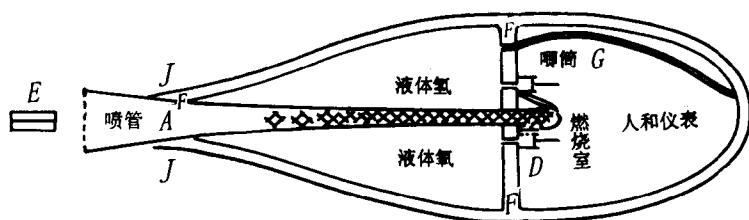
在革命前的 40 年中,齐奥尔科夫斯基的著作只出版了 130 种,而在革命后的 17 年中就出版了 450 种。

1935 年 9 月 19 日齐奥尔科夫斯基与世长辞了。临终前他写信给斯大林:

> 我一直想用自己的劳动或多或少地把人类的文明向前推进一步,但在革命以前,我的理想不能实现。
>
> 只有十月革命,才给我这个自学者的劳动带来了普遍的承认;只有苏维埃政权和列宁斯大林的党才给了我真正的帮助。我体会到人民群众对我的敬爱。这使我有力量能在病中坚持工作。
>
> 然而,现在疾病不容许我完成已经开始的事业,我将自己在航空、火箭飞行和星际交通方面的全部著作献给布尔什维克党和苏维埃国家——人类文化进步的真正领导者。我深信,他们会胜利地完成这些工作。(原信载 1935 年 9 月 14 日的《真理报》和《消息报》)

齐奥尔科夫斯基虽然对数学、物理、天文、生物和哲学都具有兴趣,不过他的科学研究主要是为了实现一个理想而围绕着三个复杂的技术问题进行的。一个理想是星际航行,三个问题是全金属飞艇、流线型飞机和火箭。从 1885 年到 1892 年主要研究全金属飞艇。他注意到,用橡胶布制成外壳的气球有着本质上的缺点,从而提出用金属代替橡胶布来做气球外壳的想法。他的《气球的理论和实验》一文,成了后来金属飞艇制造的科学根据。1894 年公布了他关于单翼飞机的设计,这种设计大大超过了以后 15～18 年间的飞机设计技术。在他所设计的飞机

中,机翼有很厚的剖面,翼前缘为圆形,机身为流线型。1897年他又建成了俄国的第一个风洞,开始进行空气动力学的实验。五年多的时间里得到许多有趣的结果。遗憾的是,这些宝贵的实验结果,在革命前一直未能与世人相见(这些实验结果现在已收入苏联科学院出版的《齐奥尔科夫斯基全集》第一卷)。

在齐奥尔科夫斯基的所有科学遗产中,最宝贵最进步的是他的火箭喷射推进理论。他是充分认识到喷气原理在交通事业上具有重大作用的第一个人。远在他早年致力研究金属飞艇的时候,就注意到火箭问题。在他的遗稿中,发现远在1883年他就用日记体裁写过一本《自由空间》(Свободное пространство),在这本书里他想到人类可以利用火箭到星际去飞行。20年后(1903年)他在《科学评论》(Научное обозрение)第5期上发表的《利用喷气机探测宇宙》(Исследование мировых пространств реактивными приборами)一文成了星际航行学的奠基石。在这篇永垂不朽的论文里,齐奥尔科夫斯基断定:飞出地球去,这不是幻想,人类一定能够实现。不过到宇宙空间去所用的交通工具不能是火车、轮船或普通的飞机,而是特制的喷射推进的火箭船。齐奥尔科夫斯基设计的火箭船的外部是用金属制成的椭圆舱(如图),有点像没有翅膀的鸟,很容易劈开空气。舱内的头部可以坐人和放置仪表,其余大部分空间全盛着两种液体:氢和氧,它们之间用隔板分开。当唧筒把氢和氧抽到燃烧室混合燃烧的时候,生成水蒸气。水蒸气的压力很大,从喷管以惊人的速度喷出,这时喷气的反作用力就使得火箭船向着与喷气方向相反的方向前进。

齐奥尔科夫斯基设计的火箭船

设火箭船的喷气速度为 v_r,在 dt 时间内喷出物质的质量为 dM,火箭船的质量为 M,在 $t=0$ 时火箭船的速度 $v=0$,则在没有空气摩擦和没有重力场存在的条件下,由动量守恒定律得:

$$dM\cdot v_r + M\cdot dv = 0$$

或

$$dv = -v_r\frac{dM}{M}$$

积分得

$$v = -v_r\ln M + C$$

因当 $M=M_0$ 时,$v=0$,故 $C=v_r\ln M_0$

所以

$$v = v_r\ln\frac{M_0}{M} \tag{1}$$

现在全世界的人们把(1)式叫做齐奥尔科夫斯基方程。从这个式子可以看出,如果喷气速度一定,火箭船的速度在燃料用完时最大。设火箭船壳(包括人和仪器)的质量为 M_s,燃料的质量为 m,则 $M_0=M_s+m$,而齐奥尔科夫斯基方程可改写为:

$$v_{max} = v_r\ln\frac{M_s+m}{M_s} = v_r\ln(1+z) \tag{2}$$

其中 $z=\frac{m}{M_s}$,叫做质量比,也叫做齐奥尔科夫斯基数。

从理论力学里得知,要想火箭船离开地球而一去不复返,需要 $v_{max}=11.2\text{km/sec}$(脱离速

度);就是使它不离开地球,只围绕着地球运动,也得 $v_{max}=7.9$km/sec(环绕速度)。所以问题在于怎样提高速度。方程(2)一目了然地显示:要提高速度有两种方法:增加喷气速度和提高质量比,尤以增加喷气速度为有效。

气体的喷气速度取决于柏努力(Bernoulli)方程:

$$v_r=\sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\frac{GT}{M}\left[1-\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{r-}{r}}} \tag{3}$$

其中 M 为分子量,G 为普通气体常速,γ 是气体的比热比数,即 $\gamma=\frac{G_P}{G_v}$。在一定的混合气体中 r 是常数,膨胀比$\frac{P_2}{P_1}$在发动机一定的工作条件下也是常数,于是(3)式简化为:

$$v_r \propto K\sqrt{\frac{T}{M}} \tag{4}$$

由(4)式可见,要提高喷气速度就得提高燃烧室的温度 T 和选择生成的气体的分子量 M 最小的燃料。齐奥尔科夫斯基根据这项原则,于 1934 年在给苏联国防航空化学建设后援会(Осоавиахим)的手稿中对火箭的燃料规定了六条标准:

(1) 在燃烧时,单位质量应作最大的功;

(2) 在化合时,应产生气体或挥发性液体;

(3) 在燃烧时,应尽可能低温,以免把燃烧室熔化;

(4) 应尽可能有比较大的密度,这样可以少占容积;

(5) 应当是液体的,而且容易流动;

(6) 可以是气体,但必须有较高的临界温度和较低的临界压力,以便在很方便的液态下应用。

按照这六项标准,他配了四种燃料:(1) 液体氢和液体氧;(2) 煤油和液体氧;(3) 酒精和液体氧;(4) 甲烷和液体氧。四种之中,以液体氢和液体氧为最好,喷气速度可达每秒 3.6 千米,但还是不足以离开地球。于是又不得不从质量比方面考虑。

从(2)式可以算出,在 $v_r=3.6$km/sec 时,要火箭船的最大速度达到 11.2km/sec,需要的质量比 $z=20$。这在技术上是很难办得到的。但是,天才的齐奥尔科夫斯基早于 1929 年就想出了多级火箭的办法来解决这项困难。在他写的《宇宙火箭列车》(Космические ракетные поезды)一文里,主张把许多火箭串联在一起,像一列火车一样。不过所有车厢中都是燃料,只有头部那一节是放仪器。当起飞的时候,先用最末尾的那节车厢中的燃料,用完后就把它扔掉,接着再用倒数第二节中的燃料。这样每掷掉一节,质量比就加大一次,速度也增加一次,头部的那节火箭最后可以达到很高速度而飞出地球去。除了"火箭列车"以外,同时他还提出另一种"火箭中队"的办法,把许多火箭并联在一起,它们同时燃烧。以后边缘的火箭把剩余的燃料混合到其余火箭的半空的燃料舱内,并自行脱离火箭中队。燃料混合的过程,一直进行到只剩下最后一节火箭为止,这样也可以达到很高的速度而飞出地球去。

但是,无论串联或并联,火箭都不能组合得太多。第一,结构上有困难;第二,要把几万吨重的东西一次射上天空谈何容易。为了避免这些困难,齐奥尔科夫斯基又想到人造卫星的建立。环绕速度比脱离速度要小得多,建立人造卫星自然比较容易。齐奥尔科夫斯基设想:"首先,要作大气层以外的飞行,然后,我们建筑地球的卫星——地球外面的驿站,接着有第二个、第三个……驿站建立起来。"这些驿站在离地球不同的距离上环绕地球运转。大的人造卫星上

面可以种植物,可以有天文台、实验室,可以有贮藏燃料的仓库。这样一来,飞往别的星球去的火箭船,从地球上起飞时就不必多带燃料,它可以在这些驿站上中途"加油"。

"您点起了火炬,"德国火箭学者奥培尔斯(Oberth)在给齐奥尔科夫斯基的信里说,"我们将沿着您所指出的方向工作下去。"

今天,齐奥尔科夫斯基的理想真是光芒四射,照耀着全世界——

1948 年成立了星际交通国际联合会,共有会员约一万名。1957 年 10 月 5 日到 12 日在西班牙的巴塞罗那举行了第八次代表大会,来自 24 个国家的 230 位学者出席了会议,以谢道夫(Седов)院士为首的苏联代表团是大会的中心人物,备受欢迎。

在火箭和星际航行的研究方面,齐奥尔科夫斯基引以自豪的祖国,社会主义的苏联一直走在最前列。1940 年首先制成了喷气式飞机。1955 年在科学院内成立了星际交通常设委员会。1957 年 8 月成功地试验了超远程的多级火箭,1957 年 10 月 4 日和 11 月 3 日利用多级火箭成功地发射了两颗人造地球卫星,跨出了星际航行的第一步。全世界的人民都为苏联的这一巨大科学成就而欢呼!

在第一批人造卫星发出以后,将跟着出现更高更大的载人的人造卫星,然后是星际飞船。苏联的科学家们已经论证了把人造地球卫星变成月亮的卫星的可能性,并且提出了飞往月亮、金星、火星的方案。看来,齐奥尔科夫斯基理想的完全实现,已经是指日可期了。

让我们永远纪念这位伟大的导航人吧!

参 考 文 献

[1] Космодемьянский, А. А. К.Э. Циолковский——основоположник современной ракедодинамики. (这是作者为《齐奥尔科夫斯基全集》第二卷写的序)

[2] Роснин, Н. А. К. Э. Циолковский——его жизнъ, работы и ракеты.

[3] Ляпунов, Ф. В. Проблема Межпланетных путешествий в трудах отечественных учёных.

[4] Меркулов, И. А. Константин Эдуардович Циолковский.

[5] Циолковский, К. Э. Свободное пространство.

[6] Циолковский, К. Э. Исследование мировых пространств реактивными цриборами: частъ Ⅰ(1903), частъ Ⅱ(1911), частъ Ⅲ(1914). (这部经典著作的第一部分于 1903 年在彼得堡的《科学评论》第五期上开始连续发表,后来由于宪兵当局查封了这个杂志,所以未能刊完. 这一部分是对星际航行问题的理论分析和论证. 第二部分发表在彼得堡的《航空通报》,它是第一部分的进一步发挥和从它得出来的实际结论. 第三部分在卡路格出版. 1926 年,他又把这部著作改写一新. 在新版中,他已预见到有可能把原子能应用到喷气飞行上.)

[7] Циолковский, К.Э. КосМические ракетные поезлы.

[8] Циолковский, К.Э. Достижение страдосферы. Топливо для ракеты.

[9] Clarke, A. C. Interplanetary Flight (An Introduction to Astronautics). (中译本:《星际航行与火箭》)

[10] 郑文光. 飞出地球去. 北京:中国青年出版社出版.

〔原刊《科学史集刊》,第 1 期,1958 年 4 月〕

1949—1959:中国天文学史的研究*

天文学史的研究在我国有悠久的传统。二十五史中的天文志、律历志都是总结当时天文成就的文章。历代著名的天文学家对于我国天文学的发展史也都是相当熟悉的。例如一行的《大衍历议》和郭守敬的《授时历奏议》,都将天文和历法的演进说得很清楚。这一优秀传统,到了清代得到了更大的发展。钱大昕(1728—1804)、阮元(1764—1849)、李锐(1768—1817)和顾观光(1799—1862)等对于中国天文学史都曾做出重要贡献。阮元和李锐等编辑的《畴人传》,搜集了中国数学家和天文学家的不少史料,为后人的进一步研究创造了便利条件。

从五四运动到全国解放这一时期内,朱文鑫作了不少工作。他编著的《历法通志》、《历代日食考》、《天文考古录》、《天文学小史》等书都有相当价值。此外,竺可桢、钱宝琮等人也有一定成就。

全国解放后,历史科学工作者肩负着一个新的重要任务,就是要站在劳动人民的立场,用历史唯物主义的观点来研究和编写祖国的历史。在自然科学史方面中国科学院于1952年召集对科学史有兴趣的科学家们举行了一次座谈会,来讨论如何开展工作。1954年成立了中国自然科学史研究委员会,规划与协调有关科学史的研究与编辑工作。1956年7月在北京召开了中国自然科学史第一次讨论会,会上宣读的论文中有关于天文学史的4篇。9月竺可桢副院长率领代表团到意大利参加第8届国际科学史会议,在提出的论文中有关于天文学史的3篇,即:竺可桢的《二十八宿起源问题》[1],钱宝琮的《授时历法略论》[2]和刘仙洲的《中国古代在计时器方面的发明》[3]。

1957年1月,中国科学院成立了中国自然科学史研究室,室内设天文学史组。两年来,这个组的干部配备逐渐有所加强,目前正在组织协作,准备写出一本《中国天文学史》。

1957年2月6日到11日中国天文学会第一届会员代表大会和紫金山天文台学术委员会成立大会一并在南京举行。在会上宣读的论文中,有钱宝琮的《盖天说源流考》和席泽宗的《汉代关于行星的知识》等4篇是属于天文学史的。

10年来,天文学史方面的普及工作也作了不少。1956年5月中华全国科学技术普及协会在北京建国门古观象台的地方成立了中国古代天文仪器陈列馆,作为一个永久机构,宣传我国古代在天文学上的成就。

现就10年来所发表的关于中国天文学史的研究论文,选择几个重要的项目,分别介绍于后:

一 关于盖天说的研究

钱宝琮对《周髀算经》中的盖天说曾研究多年。他在《盖天说源流考》这篇文章中总结了他对于盖天说的研究[4]。

在这篇论文中,作者首先根据《周髀算经》介绍了盖天说的内容,并指出《周髀算经》中所用的观测数据包含着内在的矛盾,因此"很难认为都是实际测量的结果"。作者进而讨论盖天说

* 合作者:叶企孙(由叶执笔)

中的七衡六间图，并指出它的困难。作者也讨论了该书中所用的测量二十八宿距星间度数的方法。论文的后半讨论了盖天说的产生时代。作者指出“天圆如张盖，地方如棋局”大概是最原始的“天圆地方”说。这种说法后来修改为“天象盖笠，地法复盘”，像《周髀算经》中所说的。作者指出盖天说中关于二十八宿的知识符合于前汉初年天文学的水平。因此，作者认为修改过的盖天说是在前汉初期产生的。作者指出盖天说的主要内容是把关于天的高明、地的广大、昼夜的更替、四时的变化等感性认识加以整理，提升到理性认识。它虽然有些假借形象和勉强配合数字，但基本上是要求合于客观现实的，对于当时天文学的发展起了主导的作用。

二　中国史籍中客星纪录的整理

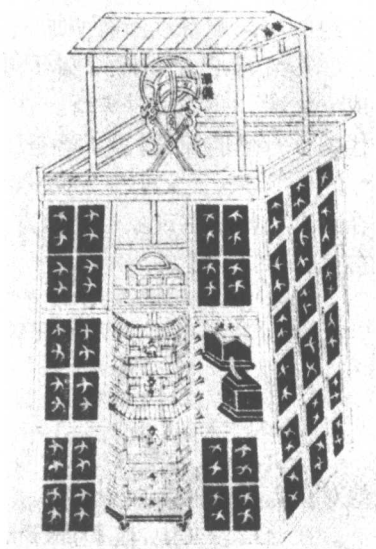
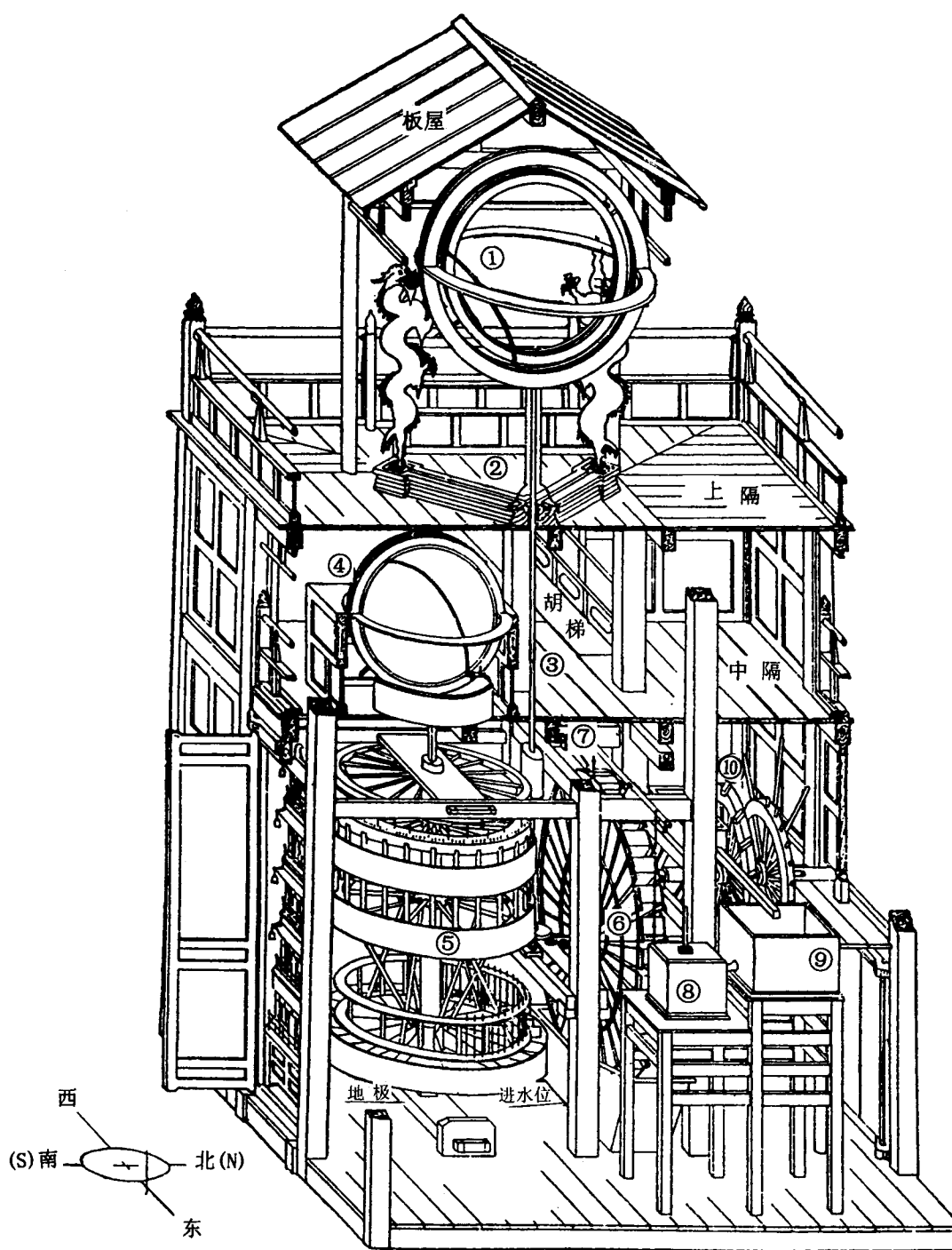
中国史籍中关于客星的资料甚为丰富。所谓客星就是现代天文学上的新星与超新星。新星与超新星的出现表示一种爆发过程。当代的天体物理学工作者认为爆发后的星虽然暗到无法用光学望远镜观察到，但是它可能变为一种射电源而可用射电望远镜观察到。因此，古代的客星所在之处现在还可能观察到射电源。1955 年席泽宗从中国史籍中整理出 90 项可能的客星纪录，编成《古新星新表》[5]。这篇论文引起了各国天文学界的注意，因为它可能帮助天文工作者寻得还没有发现的射电源。

这篇论文对于回答天体演化学所提出的问题也是有帮助的。例如，在银河系内超新星爆发的频率如何？新星是否能多次爆发？关于第一个问题，作者得出平均每 150 年银河系内有一次超新星爆发。关于第二个问题，作者认为除了现在已知的 7 颗再发新星以外，可能还有两颗再发新星(一在牧夫座，一在武仙座)。

三　宋代水运仪象台模型的制作

中国古代用壶漏的方法测量时刻，但时刻的标准究竟是什么呢？很早就有人注意到天球运转的规律性。这种规律性使得人们相信可以把天球的运转当做均匀运转的标准，也就是说，当做时间的标准。因此，标准壶漏的基本方法就是把壶漏所给的时刻与天球运转所给的度数相比较。汉代的张衡创制了水转浑天象，唐代的一行和梁令瓒又有所改进。到宋代元祐年间，用水为原动力的机械运转装置得到了进一步的改善。苏颂等用这种装置创置的水运仪象台是在 1088 年完成的。苏颂所编的《新仪象法要》就是这个台的详细说明书。很可欣幸的是这部书现在还存在。1956 年英国剑桥大学的李约瑟(Joseph Needham)，王铃和普拉斯(Derek J Price)把《新仪象法要》的内容和欧洲中世纪的天文钟做了比较研究。他们得出的结论是：苏颂的水运仪象台所代表的“中国天文钟的传统似乎很可能是后来欧洲中世纪天文钟的直接祖先”[6]。

水运仪象台图
(选自苏颂《新仪象法要》)

因为宋代的水运仪象台对于天文学及钟表机构

水运仪象台复原透视图

① 浑仪 ② 鳌云、圭表 ③ 天柱 ④ 浑象、地柜 ⑤ 昼夜机轮 ⑥ 枢轮 ⑦ 天衡、天锁
⑧ 平水壶 ⑨ 天池 ⑩ 河车、天河、升水上轮

来说都是有重要意义的，我们应该做出它的模型，作为历史博物馆中的一项重要陈列。1958年在党的建设社会主义总路线的照耀下，王振铎和北京故宫博物院以及中央自然博物馆的工人们一道，做出了宋代水运仪象台的模型。模型制造比例为原大的1/5，但已有2米多高[7]。此外，刘仙洲也介绍了历代的水运浑天象[8,9]。1956年12月他又发表了《中国古代在计时器方面的发明》一文[3]，对唐宋以来用水力和沙漏的仪器的主要机轮的相互关系做了分析。现在中国历史博物馆筹备处正在就文中所提到的一些仪器，如五轮沙漏等进行复原。

总看新中国成立后十年来的中国天文学史工作，我们认为这只是一个新的开端。中国史籍中与天文学史有关的丰富资料还需要用科学方法加以系统的整理。世界天文学史的广阔园地还有待开辟。未来的任务是繁重的，我们必须继续努力。

参 考 文 献

[1] Го-пзин иу, Происхождение ученияо двадиати восъми наках зодиака, Вопросы истории естествонания и техники, въп. 1957(4):56—62

[2] 钱宝琮.授时历法略论.天文学报.1956,4(2).

[3] 刘仙洲.中国古代在计时器方面的发明.天文学报,1956,4(2).

[4] 钱宝琮.盖天说源流考.科学史集刊,第1期.1958.

[5] 席泽宗.古新星新表.天文学报,1955,3(2).

[6] Needham, J. Wang Ling, Price, D. J., Chianese Astronomical Clockwork, Nature. 1956. 177(中译文见《科学通报》1956年第6期)

[7] 王振铎.揭开我国"天文钟"的秘密.文物参考资料,1958(9).

[8] 刘仙洲.中国在原动力方面的发明.机械工程学报,1953,1(1).

[9] 刘仙洲.中国在传动机件方面的发明.机械工程学报,1954,2(1).

〔原刊《十年来的中国科学——天文学》(1949—1959),北京,科学出版社,1959〕

月　面　学

一　历史的回顾

月亮是离我们最近的天体,也是人们最早注意到的天文现象之一。在人类发明灯火以前,在漫长的黑夜里,它是惟一的照明工具,所以原始社会的游牧民族为了生产和生活上的需要,一定要注意到它的圆缺变化。以月亮的圆缺为依据的阴历,是许多文明古国最早的历法。很早就有人指出:"天文学诞生于月明之夜。"这句话虽然不全面,但有一定的道理。早在公元前14世纪,我国殷代的甲骨文中,就已经有了月食纪录。公元前5世纪,希腊爱奥尼亚学派的哲学家亚诺萨戈腊斯(前500—前428)认为和地球一样,月亮是由岩石构成的,它上面有高山,有深谷,有平原,也有人居住。他竟因此被他的仇敌控告为亵渎神灵,被判死刑。幸得他有力的门徒佩利克耳的救赎,才被放逐,终于死在小亚细亚。公元2世纪,我国伟大的天文学家张衡(78—139)在他的《灵宪》里面精辟地写道:"月光生于日之所照,魄生于日之所蔽;当日则光盈,就日则光尽"。关于月面的知识,是在17世纪初伽利略(1564—1642)发明望远镜以后,才逐步丰富和肯定起来的,而在1 800多年以前,张衡就能有这样正确的见解,是难能可贵的。

1609年冬天伽利略用自己发明的望远镜瞄准月球,着手绘制月面图,揭开了月面学的第一页。月面学最初是单指用地理学的观点来定月面上各种地形的月面经度、纬度和山的高度的学问,但现在也包括对这些地形成因的解释以及月面上各种物理过程的研究。另外还有一门从力学观点研究月亮运动的学问,叫做"月离理论"。伽利略发现,月面上比较暗的部分,原来叫做"海"的地方,事实上连一滴水也没有,只是比较低一点,比较平坦一些。30多年后,J.赫伟吕斯(1611—1687)根据他10年辛勤观测的结果,绘出了一幅比较详细的月面图,这幅图的复本一直保存到现在。不过他给月面所起的名称,除了少数几个以外,现在都不用了。现在所用的月面地形命名法,是J. B.利契奥利(1598—1671)于1651年在编制月面图时提出的,例如哥白尼环形山等。

利契奥利以后的100多年间,由于仪器所造成的像太模糊,对于月面更详细的结构不能分辨,月面学在这一个时期便沉寂下来。18世纪中叶由于消色物镜的发明,望远镜的这项缺点得到克服以后,月面学又活跃起来。新阶段是由德国天文爱好者J.什略特(1745—1816)开始的。他于1779年开始努力描绘月面图,并对月面上山的高度进行了较为精确的测量。他所用的测量方法一直沿用到今天。不幸的是,什略特从事工作的天文台,于1813年被拿破仑的侵略军焚毁,以致他的尚未发表的观测结果没有保留下来。

J.H.梅特勒(1794—1874)继承了什略特的事业。1837年他出版了一本巨著:《月亮:一般的和比较的月面学》。在这本书中,他将月球世界的主要物理特性第一次表示出来了。他说那是一个没有空气、没有水、没有生命、没有变化的沉寂世界。他的图绘得很好,当时甚至有人认为这已是月面学的最后文献,梅特勒本人从此也放弃了这项工作。30年以后,另一位德国天文家J.施米特(1825—1884)才做出了更好的成绩。1878年他在担任雅典的希腊国立天文台

台长期间，出版了由25幅组成的大月面图，记载了32 856个环形山。

对于月面的照相工作，开始于19世纪末叶，在许多国家几乎同时独立进行。此工作为月面的详细研究提供了客观资料，并且为月面特征的起源奠定了理论的基础。但是直到第二次世界大战结束以前，月面学的研究一直是从个人兴趣出发进行的，并没有什么计划。

二　星际航行的第一个目标

第二次世界大战以后，随着火箭技术的迅速发展，星际航行被提到日程上来了。月亮是离我们最近的天体，从古以来，就是人们向往的地方。在中外的神话传说里，都有飞往月亮的幻想。星际航行的第一个目标便自然而然的是月亮。到月球去旅行，这里面有许多复杂的科学和技术问题，其中包括对月面情况的详细了解。例如，为了选择安全的火箭降落场所，就必须更细致地研究月面微小地形，因为就是在月面最平坦的平原上，也还有大小长宽不同的沟谷、坑穴和凸起，而这些，对于火箭的降落都是有危险的。再如，为了正确地设计火箭缓冲起落架，也要了解月面土壤的化学成分和力学性能。因此，在战后，苏、美、英、法等国就都各自制订了研究月面的计划。苏联在H.П.巴拉巴舍夫的领导下，编制了月面的详细地图。法国在日中峰天文台也得到了许多有益的结果。然而最重要的是苏联三个宇宙火箭所取得的辉煌成就。

1959年一年中间苏联成功地发射了考察月球及其周围空间的三个宇宙火箭。第一个于1月4日走到离月球最近的一点，距离月面约7 500千米，从月球的左面（即东面）穿过去，变成了太阳系里的第一颗人造行星，探查了月球的磁场和放射性。第二个于9月14日到达月球表面，安装在火箭上的无线电台向全世界宣告：人类双手的创造物第一次按照创造者的意志，越过了一个长达371 000千米的宇宙区域而降落到离月面中心只800千米的地方。根据第一个和第二个宇宙火箭的探查，在月球附近没有发现磁场，但是，当与月面接近到1万千米的时候，在4个离子捕集器中，记录到电流有所增强。这说明，在月球周围可能存在稀薄的电离层。1959年10月4日，苏联又成功地发射了第三个宇宙火箭，这个火箭上装有自动行星际站。在火箭进入预定轨道，发动机工作停止以后，行星际站就脱离开最后一级火箭，继续前进。10月7日行星际站绕到月球背面，在离地球47万千米远的地方，拍下了有史以来第一张“月球”背面的照片，照片传到地球上来又是那样清晰，解开了一个千古不解的谜。原来月球背我们的一面和向我们的一面，在地形上有所不同：背面是大陆性质的，海非常少①。为什么有这样的差别？这又成了月面学的一个新问题。

苏联发射第三个宇宙火箭的那天，正好是它发射第一颗人造地球卫星的两周年。在研究

① 苏联科学院将第三个宇宙火箭探查月球背面的结果，经过一年的详细研究以后，于1960年10月出版了《月球背面地舆图》。其中包括30张原版照片、解释方法、确定坐标和制图方法的介绍。分类图由三部分组成：第一部分包括对月球背面的251个地区的介绍，其中每一地区都可在三张以上的照片上看到，这些地区的轮廓和位置是无可怀疑的。在第二部分里，有在两张照片上同时发现的190个区域，其中某些区域的轮廓和坐标在再进行拍摄时可能会更加明确。最后一部分包括57个地区，其中每一个地区只能在一张照片上看到，而在其他照片上因底片模糊而无法看清。这500个对象，有400个在背面，有100个在可见面，是人类早已研究过的。这100个区域的位置和大小同现有的月面图上所画的完全符合，这充分证明利用宇宙火箭所拍得的月球背面图是完全可靠的。这本书的出版是科学界的一件重要的大事。

宇宙空间工作连续两年的成果的基础上,1960 年苏联取得了更为辉煌的成就。这一年,苏联在太平洋区域进行了两次威力强大的火箭试验,发射了一个带有 2 100 千克装备的单级高空考察火箭,发射了三个重达 4 500 千克以上的宇宙飞船,太平洋火箭的试验创造了火箭返回地面和准确度的记录。第一个宇宙飞船揭开了人类发射可以载人的宇宙飞行器的新页。第二个宇宙飞船第一次成功地实现了使生物经过围绕地球的宇宙航行后平安返回地面的试验,第一次进行了宇宙飞行各种因素对生物长期影响的整套试验。第三个宇宙飞船第一次对紧靠大气层外缘的空间进行了长期考察。今年一开始,就又取得了两项惊人成就。2 月 4 日发射了一个6 483 千克的重型人造地球卫星,它的重量较去年的宇宙飞船骤增 2 000 千克,而轨道却和第三个宇宙飞船吻合,这说明苏联在火箭的推力、高能燃料、控制系统等方面,又向前迈进了一大步。2 月 12 日又发射了一颗重型人造地球卫星,在同一天,从这颗卫星上射出了一个可操纵的宇宙火箭,这个火箭把一个自动行星际站送到了通向金星的轨道。预计自动行星际站将在今年 5 月下半月到达金星区域。这一飞往金星方向的宇宙火箭的发射成功,更加显示出苏联的技术水平已经有能力开辟太阳系内旅行的航线了。

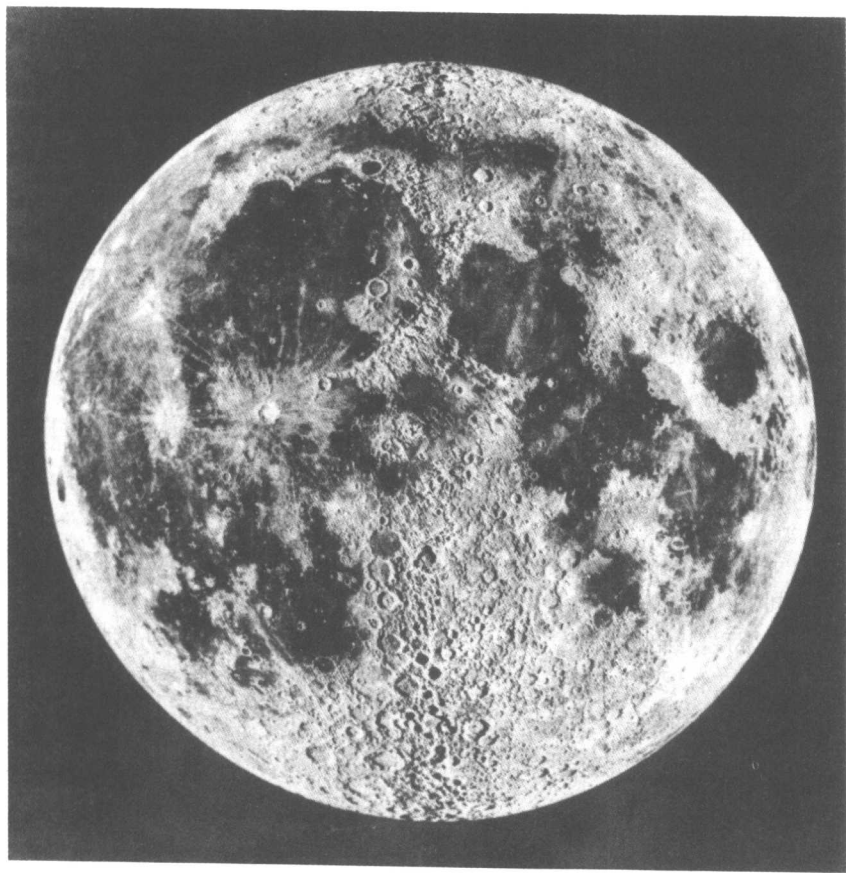
据苏联著名宇宙医学家帕林指出,征服太阳系可以分为三个阶段。第一个阶段,利用仪器考察地球周围空间。第二个阶段,研究宇宙空间各种因素对活机体的影响,创造在飞行和返回地面时能保证最大限度安全的系统。第三个阶段,人飞入宇宙空间。苏联最近的成就证明,苏联科学家已经进行第二阶段的试验工作了。相信在不久的将来,人类就会把“嫦娥奔月”的神话变成科学的事实。在这样一个伟大时代的前夕,回顾一下我们对于月面已有的知识,特别是最近十年来用种种方法所得到的关于它的情报,将是非常有意义的。

三　崇山峻岭　沟纹纵横

利用现在世界最大的望远镜,我们可以满有把握地把月面上直径 1 千米的东西分辨出来,在情况特别好的条件下还可以分辨出直径只有 200～500 米的东西。当太阳光斜射时,微小的不平都可生出显明的影子,利用这影子连相差几十米的高低起伏都可测量出来。所以对于月亮的可见面,可以说是研究得够详细了。至于背面,根据苏联第二个宇宙火箭的拍照,与正面也没有本质上的不同,所不同的只是海所占的面积较少,而环形山更多。

肉眼看起来比较暗的部分,叫做“海”。这些都是大平原,比月面的其余部分低一点。在它的比较平坦的平面上有时也可看到不高的皱纹。在海和大陆交界的地方多是山脉蜿蜒,这些山脉在向海的一侧笔直地下降,而向陆地的一面则比较倾斜。这些“海”都有奇怪的名称,如“危海”、“雨海”等。海中大的叫“洋”,小的叫“湖”或“湾”。最大的海是“暴风洋”,在月面东侧的北半部,面积约 500 万平方千米。

月面上的山脉又长又高。最长的是苏维埃山脉,它从月球背面的北半球穿过赤道一直延伸到南半球,长达 2 000 千米。最高的是莱布尼兹山脉,处在它的南极附近,其间有最高峰高达 9 000 米,比我们的珠穆朗玛峰(8 882 米)还高!但是,人类将来到了月球以后,要登这样的高山却很容易,因为月心吸力引只有地心吸引力的六分之一。

除了和地球上一样的山脉以外,月面上还有一种面貌特殊的山,即环形山,而且这种山占压倒多数,据 H. P. 威金斯的统计,总数在 5 万以上。对于这些环形山有种种不同的分类,最简单的分法,是按大小和结构分为三类:(1) 圆谷,即封闭的圆形山系。被它包围的地方(即谷底)不但平坦,而且颜色和海差不多,比较暗。最大的圆谷是格拉马第环形山,直径 235 千米,

上、下弦月拼合照片

（李元提供）

盆地的面积相当于整个比利时的国土。(2) 环形山，除了个别的几个以外，都比圆谷小。它的特点是在盆地的中央多有圆锥形的高峰耸起，有时还不只一个。最大的环形山是哥白尼环形山和第谷环形山。(3) 爆孔，这是没有围壁或围壁很小的圆形凹地，布满了月面大陆，直径几百米、几十米，再小的我们目前仪器的能力还不能发现。

和环形山相联系的是辐射纹。这不是月面上凹下去的地方，也不是高起来的地方，而是光亮的宽窄不同的带，由个别的环形山向不同的方向发散出去。它们经过海、山脉、沟谷和环形山，而宽度和方向没有任何改变。最美的辐射纹是从第谷环形山发散出来的，总共有 100 多条，最长的达 1800 千米，用双筒望远镜很容易看到。

在亮度好的条件下，在月面上还可以看到许多黑色的沟谷，弯弯曲曲地绵延数百千米，宽度和深度从几百米到几千米。这些沟纹和地形没有关系，有时甚至穿越过环形山。例如，在月面中央的海金奴斯沟纹就把十几个环形山连接起来了。不大的望远镜可以看到，在特里斯涅克环形山附近的整个月面上形成了一个稠密的沟网，那里有一条沟谷竟长到 350 千米以上。

四　众说纷纭　议论未定

为什么月球上有这样多的环形山？为什么有些海也是圆形的？沟谷和辐射纹又都是怎样

形成的？为了解释月面这些地形上的特征，100多年来，出现了许多假说，彼此争论不休，直到今天还没有一个令人满意的答案。这些众多的假说，可以归纳成两类，即(1)内部发生论，例如火山说、火成说、泡沫说；(2) 外因论，例如流星说、潮汐说、覆冰说。其中火山说和流星说最有名，并且引起了长久的讨论，这种讨论在近几年更加热烈起来。

火山假说认为月亮上过去曾经产生过猛烈的火山爆发——喷火、压缩、裂开、巨大的气泡从内部发生而爆烈，结果月面就形成了环形山，并且有时还形成中央峰。这从环形山的照片和地球上已经熄灭的火山的空中照片的对比，可以得到证明。比方说尼亚波利地区，在那边还有许多和月面上很相同的环形山，其中一些也有中央峰。月面上山脉的形成过程和地球上的山一样，由外壳断裂而生。海是宽广的低地，在遥远的时代里山的形成中自然产生，当时月球的内心还处在熔化的状态。辐射纹则是在环形山形成时，由火山口喷出来的微小质点流，由于月心吸力很小，而落到很远的地方，故与地形无关。1958年11月3日晚上，苏联天文学家H.A.科兹列夫在拍摄阿耳芬斯环形山的中央峰的光谱时，发现突然出现了明亮的连续光谱，时间延长有30多分钟。这一新的发现，对于火山假说似乎是一个有力的证据，科兹列夫本人也认为这是月面上还有火山活动的直接证据。但是问题并不是这样简单，它也可能是一种荧光现象(亦即“光致发光”)。我们知道，许多矿物在短波辐射的作用下，可以在可见光谱区放射出相当强的光。事实上，火山假说遇到一系列的困难无法解决，例如：(1) 像地球上的火山带在月面上没有；(2) 地球上的火山坑，中央峰总比圆壁高，而月球上则相反，没有例外；(3) 圆壁外侧的斜面和地球上的全然不同；(4) 月面上少有褶皱山脉，大概地下没有多量的岩浆，而且熔岩的海和月亮的高低是不一致的；(5) 产生火山爆发的能源问题无法解决。

流星假说认为月面上的环形山是由落在月面上的大流星的冲击和爆炸而产生的，如同炸弹所生的弹坑一样。这个假说的根据是，月球不像地球有一层浓厚的大气包围，因此流星会以很大的速度落到月面，而造成很大的破坏。最近苏联学者K.П.斯答纽考维奇和B.B.费得斯基曾就这个过程作过详细的理论计算。有利于这个假说的事实是，在地球上的确有由于流星的陨落而造成的环形山，最著名的一个在美国亚利桑那州的达不罗峡谷附近，直径有1 200米，深有175米。但是反对这个学说的人很多，他们可以举出许多的理由，例如：(1) 月面的环形山分布得很有规律，而流星的陨落或多或少总是一种偶然现象，由于它的陨落而形成的痕迹也不应该有某种系统性的分布；(2) 环形山中央峰的顶部通常总有小的孔眼存在，这可能是喷火口；(3) 有时在同一组织中可以发现各种不规则的成层现象，它们分属于不同的地质时期；(4) 有些环形山分明地呈现出多边形，由许多折线构成，这些折线就是裂纹和断层线；(5) 大的环形山和圆形的海决不可能是由流星的降落而产生的。

因此，长期以来，进行着争辩的这两派学说都有根据，也都有其弱点。许多天文家为了慎重起见，常常两说兼采，认为两种现象同时在起作用，环形山大的是由于火山活动形成，小的是由于流星的冲击形成。但是这样只是一个权宜之计，并未能解决月面整个地形的起因。只有苏联地质学家A.B.哈巴科夫于1949年提出的假说才能比较全面地彻底地解决问题，可惜这个假说没有引起各方面应有的重视。哈巴科夫认为月面上的造山运动和造海运动是互相交替进行的，而这个周期性的过程，是和月球胀缩相联系的。在膨胀时产生山，在收缩时产生海。胀缩的过程也在月面上产生许多裂线：膨胀时形成的是开口形的，即沟谷；收缩时形成的是闭口形的，即“海”面上的皱纹。他并且很具体地把月面上的地质演化分成了六个时期。他认为环形山可以分为年轻和年老的两种，年老的产生在第四期，如托勒密环形山，它们没有辐射纹，有的已被破坏；年轻的产生在第六期，如哥白尼环形山，它们比较小，辐射纹的存在是其特征。

不过月球为什么会胀缩,哈巴科夫没有说明,而且从天体演化学的角度来看,月球似乎也未胀缩过。因此这个学说也还只能是假说,事实究竟如何,还待进一步研究。

五　大气密度　有等于无

月面上没有空气,这可以用许多事实证明:(1) 月球上没有散射光存在,明暗界线非常清楚,否则一定会像地球上一样存在着晨昏蒙影带。(2) 当月掩星时,星光的消失总是很突然的,没有折射或吸收现象。(3) 月面上的各种特征都很清晰,从来没有看见被气体的薄雾遮盖。(4) 月亮的光谱和太阳的光谱完全一样,证明它纯粹是太阳光的反照,没有任何新的吸收线出现或对原有吸收线加强。

但是从理论上来看,一个天体保持大气的能力决定于它的第二宇宙速度(即脱离速度)和气体分子运动的均方速度。若均方速度大于脱离速度的五分之一,则气体就迅速地散逸到空间去;若均方速度小于脱离速度的五分之一,则散逸极慢,大气圈就可保持几十亿年。对于月球来说,脱离速度(2.38 千米/秒)的五分之一为 0.48 千米/秒。气体分子的均方速度和绝对温度的平方根成正比和分子量的平方根成反比,在零摄氏度时,分子量较小的几种气体,如氢、氦、水蒸气、氮、氧、二氧化碳的均方速度都比这个数值大,故在月面上这些气体是早已不存在了,但是分子量超过 60 的气体还能得以残存。例如,与火山活动有关系的二氧化硫在月亮上可能有,它的分子量是 64.1。这种气体在地球的大气中虽然不多,等值厚度只有 1 毫米,可是能以 3000~3100Å 光谱区的吸收带表现出来。但是 G. P. 柯依伯在月球光谱中仔细寻找这种吸收线时,并未得到任何结果。

苏联天文学家 B. Г. 费森科夫想出一个办法来求月面的大气密度,即在下上弦时,测量月面中央明暗界线附近的光的偏振。在优良的情况下,根据光的偏振量可以判断散射质点的总量,也就是月面大气的质量。他在阿拉木图高山天文台用这个方法所得的结果是:单位面积上立体柱内月亮大气的质量最多不超过地球同体积的百万分之一。法国天文家 A. 多尔佛斯在日中峰天文台用同样的方法,但仪器的灵敏度较高,所得的结果更小,最多不超过地球的万万分之一。

射电天文学的发展为测量月面的大气密度提供了更为准确和灵敏的方法。因为月亮在天空运动不但会遮掩普通的恒星,而且会遮掩射电源。当掩始或掩终时,射电源所发的电波要穿过月球的大气层。如果月球果然有大气,那么由于太阳的紫外辐射作用,它将是被电离了的,犹如地球上的电离层。苏联宇宙火箭的考察已经证实了这一论断。这种电离的气体,尽管密度很小,但对无线电波的折射作用是很大的。1956 年 1 月 24 日英国天文学家 C. H. 考士他因和 B. 伊利士毛尔等人在剑桥大学用大型射电望远镜在 3.6 厘米波段观测月掩金牛座的蟹状星云①,得出水平折射量为 13 秒,与此相应的电子浓度是 1 立方厘米内 1 000 个。在这基础上求得的月面大气密度是地球的 20 万亿分之一。密度这样小的气体,是感觉不到的,它既没有着力点,也没有阻力,连最小的微流星运动也无法阻挡,对于任何辐射也没有保护作用。所以说月面大气有等于无。

---

① 蟹状星云是宋仁宗至和元年(1054)我国天文家发现的超新星的遗迹,它是靠近黄道的强烈的无线电辐射源。利用它也可以研究用光学方法难以观测的日冕的密度,原理和研究月亮的大气密度一样。

六　温度变化　也大也小

月亮上面没有空气没有水,所以温度变化得很厉害。月亮总以几乎同一面对着地球,这证明月亮也老在自转,而且自转的周期等于公转的周期,所以月亮上的一昼夜就是地球上的一个(阴历)月。这样白天和黑夜都长到两星期,又使得温度变化得更厉害。月面的温度变化可以用非常灵敏的温差电偶来测定。测得的结果是:在"中午"时,温度高到 132℃;如果月面有水的话,它在普通气压下也会沸腾,何况月面上还没有大气。所以一位天文学家写道:"在月球上,我们不必用炉子做饭,任取一块岩石,都可以代替炉子。"随着太阳的下降,温度逐渐降低,越到"傍晚"降低得越快,到了"午夜",可以降低到零下 153℃。温度这样的迅速变化,表明构成月面的物质所具的热容量很小,传热本领也很差。月食时,对月面温度的测量也证明了这一点。1927 年 6 月 14 日的月全食,从初亏到食甚开始的时期,温度从 + 70℃ 降到 - 85℃,在食甚时,继续不断地下降,食甚完毕时达 - 117℃。也就是说,在 1.5～2 小时内,几乎降落了 200℃。由这个数据可以算出,月面物质的导热率大概只有花岗石、玻璃或玄武岩等的千分之一。

这样小的导热率,绝不是通常的导热机构产生的。通常的导热是由于一个分子的振动把热量直接传递给其他分子。由此可以得出一个推论:覆盖着月面的物质所处的状态,不应当是完整的而是零碎的,可能就是一层灰尘。灰尘的相邻质点间有的不相接触,有的接触面积很小,这样,热传导只能在很小的面积上进行,而热辐射则在大面积上进行,所以导热率很小,表层的温度变化得很快。但是在覆盖层以下的月球本身,温度变化并不剧烈。

射电天文学的发展,证明了这一推论的正确性。自 1946 年以来,利用射电望远镜,已经先后发现了月亮在 1.5 毫米、4.5 毫米、8 毫米、1.25 毫米和 33 厘米波段的射电辐射,并且利用这些电波定出了月亮在"一昼夜"(即阴历一个月)内的温度变化,以及在月食时的温度变化。结果发现,这与由温差电偶所测得的大不相同。用射电天文学方法所测得的月亮温度变幅要小得多,而且电波愈长,温度变幅愈小,温度极大愈落后在太阳垂直照射(即"中午")以后,例如,就月食时温度的变化来说,对于 1.5 毫米波是从 130℃ 降低到 0℃,比太阳照射能的变化晚 45 分钟;而对于 8 毫米波,则温度没有任何变化。再就"昼夜"温度来说,对于 1.25 毫米波是从 + 30℃ 到 - 75℃,变幅是 105℃,最热是"中午"后的 3.7 天,而对于 33 厘米波,变幅则只有 66℃,这只及用温差电偶在 10 微米波(红外区)处测的变幅的 23%,而且在这里温度变化与太阳的照射几乎没有关系。

这些有趣的观测结果表明:月面上覆盖着一层物质,这层物质约厚 10 厘米。覆盖层对于 10 微米波左右的热辐射是完全不透明的,对于射电波是半透明的,而且对于波长愈大的波透明度愈大。所以早年人们用温差电偶所测得的温度变化,只是月亮的表面现象,今天用无线电方法测得的才是月亮本身的温度变化,而且观测的波长愈大,愈能代表月面更深处的实况。由此可以得出结论:在月表下的不深处,温度就没有了变化。这个结论对于未来人类在月球上生活很重要,那时我们可以在月球上建立地下室,不受温度变化地进行一切工作。

七　似白非白　褐黑一团

"床前明月光,疑是地上霜"。这说明月光是白的。但是满月时的月光只有日光的五十万

分之一，在其他的时候，比这还要少得多，比方说，在上下弦的时候，亮度并不等于满月的一半，而只有八分之一到十分之一。这又说明月面的反光本领是很小的，只能把落到它上面的日光的7%反射出来。这个百分数，叫做反照率。反照率这样低的岩石，据列宁格勒大学天文台的研究，目前在地面上还没有，因为最暗的岩石——玄武岩的平均反照率还有14%，比月面的平均反照率大一倍。我们知道，物质的颜色越黑，反照率越小，因此，月面表层一定是很黑的物质，过去认为月面是雪白色或者灰色的说法，都是一种错觉。

对月面的分光光度的研究表明：月面对于不同颜色的光，反射本领不同，反射紫色光的本领最差，随着波长的增加而逐渐增强，反射红外光的本领最大。这个事实说明，月面不单纯是暗黑色，而是暗中略带微红。在通常条件下，具有这样反射本领的物质应是暗褐色的。因此可以认为：月面到处散布着暗褐色的物质，只是在陆上较亮些，在海的地方较暗些。若能从月面上拿来一块岩石放在我们周围物质之间，则按颜色来说，就像巧克力糖或者圆面包的皮；若从矿物学中拿一个例子来比喻，就像褐铁矿的暗变形。

既然如此，那么为什么看起来月面又是银白色呢？这完全是由于视觉造成的。当着夜晚天空一片黑暗的时候，而月亮表面却充满着辉明的日光，在这样一个明暗对比的情况下，就是最黑的物质也可以现出犹如雪白的颜色。至于白天看见的月亮也呈白色，是由于另一种原因造成的：月亮被衬托在浅蓝色的天空上，月面的暗黑色和天空的蔚蓝色相结合，就给出一种浅白色的感觉。

八　月面到底覆盖着一层什么

上述一切研究结果表明：月面表层覆盖着一种颗粒很小（直径从几毫米至几厘米）、传热本领不大、反光本领很低的暗褐色的非常多孔的海绵状的疏松物质。至于这物质的化学成分怎样，以及它是如何形成的，则现在还在争论之中。最重要的有以下几种学说：

(1) 风化作用说。英国天文学家T.戈耳德认为月面上虽然大气很少，但是类似地面上的风化侵蚀作用依然存在，因为太阳光的作用特别强烈：在猛烈加热之后又迅速变冷，骤冷骤热使得岩石发裂和粉碎，被粉碎了的岩石逐渐变成暗灰，并从高处流向低处，海的地方就聚积得特别多，大概有几千米厚。戈耳德并且算出，这种作用在100万年内可以将月面上的高山削平1000米。这个学说最大的困难是无法说明月面的颜色和那极低的反照率。实验证明：岩石磨碎以后，反照率不但不降低，反而增加。

(2) 火山灰说。这一说与月面的环形山由火山爆发而形成的假说相联系，认为在环形山形成时所喷出的火山灰遮满了月面。众所周知，当1883年地球上克拉卡塔奥岛上的火山爆发时，灰尘被抛射到50千米的高空，落在周围几百千米的范围以内。拉依特算出：从月亮的火山口喷出的物体的轨道，在同一初速度和抛射角的情况下，射程应该比地球上的大20～50倍。如果月面上的环形山大多数都是喷火口，那么全月面上覆盖着一层火山灰，是很容易说得通的。月面偏振光的观测结果倒是很符合这一假说。

(3) 流星尘说。流星的速度非常快，它掉到地球上来的时候，因为跟空气摩擦，发生高热，大多数在没有到达地面时就烧毁了。月亮却没有大气的保护，不论渺小的微流星，或是能够造成环形山的大流星，只要落在月亮上，就都得和月面猛烈相冲，造成铁和镍的黑色粉末。这样，久而久之，在月面上就会形成一个均匀的覆盖层。这个覆盖层的反光本领是到处一样的，与被它遮盖的月面本身的物质无关。不同意这个说法的人认为：如果月面覆盖层果然是流星尘，那

么一定会有空白点，在这空白处我们就会看到月球岩石的本色，可是事实上没有。

(4) 陨星熔化说。苏联天文学家H.H.赛金斯卡娅根据她十多年来对月亮的光度和颜色的研究，得出月面的覆盖物质既不像岩石的粉末，也不像火山灰，也不像流星尘，而是一种多孔性的特殊物质，这种物质是在流星撞击月面时形成的。她认为大大小小的流星和月面冲击时都会产生激烈的爆炸，这种爆炸，不仅使流星本身变成气体，而且使爆炸地附近的许多岩石也发生气化。如果月面是由火成岩构成的，那么由于气化时从硅酸盐中分解出氧化铁，气化后的物质就是黑色的，这种黑色物质在回落的时候，就成为疏松而多孔的海绵状物质，附着在月亮表面的每一个地方，甚至在最峻险的地方。

九　光辉的前景

如上所述，月面学诞生于遥远的古代，中间经历了目视观测、望远镜观测、摄影观测、分光观测等时期，现在又面临着一个崭新的阶段：利用火箭把能够自动行走的自动科学站送上月面的日子就在眼前，然后是载人的火箭前往探险。到那时，月面学就将发展成为许多独立的科学，例如月面地理学、月面地质学、月面化学、月面物理学、月面天文学、月面建筑学、月面医学等。今天争论的许多问题，那时将很容易得到解决，而许多新的问题又会发生。但是毫无疑问，现在我们所具有的关于月面的一切知识，将是进一步研究月面和在月面上建立生活条件的依据和起点。在没有办法直接在月面着陆以前，我们也还是应该积极扩充这一部分的间接知识，而在这一方面，我国目前还几乎是一个空白点。

〔原刊《科学通报》，1961年2月号〕

关于金星的几个问题

现在,苏联的自动行星际站正沿着椭圆形的轨道向金星区域挺进,开辟着通向行星的第一条航线。它将要飞越2.7亿千米的距离,于5月19～20日在金星附近(约10万千米的地方)通过。很有可能,在那时,行星际站将拍得的金星照片,以及关于它的一系列知识,用无线电的方法传递到地球上来,帮助我们揭开这个行星的一些秘密。

金星是离我们最近的一个行星,也是除了太阳和月亮以外最亮的天体,而且还是人类最早认识的天文现象之一。但是我们关于它的知识却很少,比对天王星(1781年发现)和海王星(1845年发现)知道得也并不多多少。例如,除了1930年发现的冥王星以外,它是我们惟一还不知道自转周期的行星。关于地球的自转周期,现在连十分之一秒的不均匀性都可以发现,关于火星的自转周期,也可以准确到几分钟以内,但是对于金星的自转周期却说法不一,有人认为只有1.5小时,也有人认为是225天。为什么各家的估计会有这样大的悬殊?这是因为金星被一层浓密的大气层包围着,我们无法透过它看见金星的真面目,找出一些地形上的特征作为标记,来确定它的自转周期。木星和土星虽然也有浓密的大气层,但它们的大气上层却有一些比较固定的斑点,可以利用来确定自转周期,而金星却没有。金星的大气上层呈现出一片均匀的光亮状态,没有任何固定的亮斑或暗斑,偶尔出现的一些云状物也很模糊,而且时间很短,难以观测,更无法用来研究它的自转周期。

金星的这个浓密的大气层不但妨碍了我们测定它的自转周期,而且也妨碍了我们了解它的表面情况,使得测定它的温度工作也复杂化起来。因此,今天对于金星就成了一团谜。本文将讨论这个谜团中的五个问题,即:(1)如何自转?(2)温度怎样?(3)大气的成分如何?(4)表面情况怎样?(5)生命是否已经发生?

一　自转的周期和方向

自1666年G. D.卡西尼用目视方法确定金星的自转周期为23时21分以后,一直到19世纪中叶以前,大多数人都认为卡西尼的测定是正确的。这是很自然的,因为金星的体积是地球的92%,质量是地球的81%,这样在大小、质量等方面和地球很像的行星,在自转周期方面也差不多一样,不是没有可能的,例如火星的自转周期就是24时38分。可是到了1877年,司基阿巴里提出了一个完全不同的数据,他认为两个内行星——水星和金星的自转方式与月亮的自转同一类型,即绕轴自转的周期等于其在轨道上公转的周期;这些行星常以相同的一面对着太阳。此后的观测很快地证明了水星的运动确是这样的,它的自转周期和公转周期都是88天。可是对于金星,一直到今天也未得到最后的肯定,虽然此后不久G. H.达尔文曾经用数学的方法说明内行星运动的这种特性是由太阳而来的潮汐作用阻挡了它们的自转的缘故,和这效应类似的结果就是由月亮而来的潮汐使地球的自转变慢,从而在月亮的视行上表现出长期的加速度现象。

同是用目视方法，而所得到的观测结果却有这样大的不同，这说明必须在观测方法上进行改进。为了解决这个问题，别洛波尔斯基于1900年应用了分光方法和都普勒原理。如果行星在自转，那么在同一时间内，就有一个边缘走近我们，一个边缘远离我们。根据都普勒原理，从走近我们的边缘所来的光的谱线就向紫端移位，而从远离我们的那个边缘来的谱线就向红端移位，利用这些谱线移位的数量，就可算出行星的自转周期和方向。这个方法对于火星、木星、土星，甚至海王星，都行之有效，可是对于金星却失灵。别洛波尔斯基和以后用同样方法进行观测的人，都没有得到显著的谱线位移，这说明金星的自转周期至少大于24小时。1958年R. S.李切尔生宣布金星自转得很慢，观测误差大于金星谱线的都普勒效应。他利用最现代化的分光设备得出：如果金星是由西往东转，它的周期将大于七天；如果由东往西转，可能大于三天半。

其实，在很早以前，就有人提出金星的自转周期是几天或几星期。例如，1727年F.毕漆尼提出24天8小时，1921年W.H.皮克林提出2天20小时。近300年来，共有80多人就这个问题进行过观测和研究，所得结果大致可以归纳成三类：(1) 和地球一样，差不多在一天左右；(2) 从几天到四五星期；(3) 和公转周期一样，即225天。1956年的一项射电观测支持了第一种意见。J.D.克劳斯发现，来自金星的11米波，作周期性变化，每13昼夜能观测到它14次。这就好像我们在金星表面上摸到了一个斑点，它辐射11米波。这个斑点的旋转周期表明，地上的13天等于金星上14天，换句话说，金星的自转周期是22小时17分。但是这个现象并没有得到其他观测者的证实。现在坚持第三种意见的有A.多尔佛斯等人。不过若果真是这样，则金星的照亮面和黑暗面的温度应该相差很大，但是测量温度的结果并不是这样。再者，G.H.达尔文的潮汐理论，对于金星不一定合适，因为金星和水星的条件不同，金星的质量比水星大16倍(水星的质量仅只是地球的5%)，而且金星离太阳比水星离太阳远一倍。很可能，金星的自转周期介于一天到225天之间，但是究竟是多少天，还需要进一步的观测证明。

关于金星的自转轴和它的公转轨道面的倾角也是意见极不一致，从0°到98°都有人主张。近几年来，在利用紫外光拍摄的金星照片上发现有许多明暗相间的平行带，而利用普通光照相时则完全没有，这说明这些暗带是大气上层的云状物。我们知道，由于地球的自转，产生了与它的赤道平行的大气环流。假定金星的这些平行带也是平行于它的赤道，那么就可得出它的赤道和黄道的交角。由于这些暗带的迅速变化和它都不是严格的平行，所以不同的观测者所得的结果也不一样，有人得出是32°，有人则得出是14°。若取其平均值，则为23°，这倒和地球的黄赤交角(23°27′)差不多，也就是说，和地球一样，金星上也有四季变化。不过这个平均值很不可靠，有待进一步研究。

二 温度怎样

从理论上看，这个问题很简单，但是并不简单。一个行星的温度和它离太阳距离的平方根成反比，如果这个行星自转周期等于公转周期，它被太阳垂直照射面的温度 T_1(以绝对温标表示) $= 393°/\sqrt{R}$，其中 R 是行星离太阳的距离(取日地距离 = 1)。若行星在相当迅速地自转，则表面的平均温度 $T_2 = 278°/\sqrt{R}$。由此求出，水星的 $T_1 = 356℃$，$T_2 = 174℃$。观测结果，水星被太阳垂直照射点的温度是347℃，这与理论计算得的 T_1 很相符合。但是对于金星所得结果却相差很远。从理论上算得：金星的 $T_1 = 189℃$，$T_2 = 54℃$，但是利用温差电偶观测结果却是零下40℃左右。理论和观测结果相差这样悬殊，是因为在上面的计算中，没有考虑到行星

的反射本领。事实上行星并不吸收落在它上面的全部太阳辐射,用来加热它的自身,而是把一部分反射出去了。金星的反射本领是行星中最大的,它的反照率等于59%。所以在金星的场合里,计算温度时,必须把反射出去的这一部分能量减去。由于能量和温度的4次方成比例,所以应将上述绝对温度乘以$\sqrt[4]{(1-59\%)}$,这样得到$T_1=97℃$,$T_2=-11℃$,但这与观测结果还不一致。

事实上,在这里所遇到的情况很复杂,而上面所作的计算则过于简单。行星的表面温度不仅仅决定于它与太阳的距离以及反照率,而且还决定于行星有没有大气层及组成这大气层的化学成分、行星本身所含放射性物质的多寡,以及行星的自转速度。关于金星自转的问题,如前所述,还是个悬案。关于它所含放射性物质的多寡,目前还不知道。现在只谈大气对于温度的影响。

大气对于行星,好像一床棉被,它可以保暖。如果地面没有大气,则平均温度只有-18℃,而今则为+15℃。尤其是在金星上,它的大气中含有二氧化碳特别多,而这种气体的温室效应又特别显著。所谓温室效应即这种气体能使太阳的短波辐射通过它而到达行星表面,但不能使行星的热辐射通过它放射出去,就像装在温室窗户上的玻璃一样,有保温作用。根据这一点,金星的表面温度估计可能高达100℃以上。但是表面温度,并不等于大气温度。我们知道,在地球上,随着高度的增加,温度逐渐降低,在80千米的高度处为-70℃,此后又逐渐上升,到120千米高度时又达到0℃以上。金星上的温度随高度的变化,除了用观测方法以外,无法从理论上确定。

观测的结果又是各种各样,答案极不一致。根据二氧化碳在红外区吸收线的结构,得出被照亮部分的温度是50℃,不被照亮部分是-23℃。利用温差电偶,有人得出照亮部分是-33℃,不被照亮部分是-38℃;有人则得出照亮部分和不被照亮部分一样,都是-40℃。科兹列夫曾利用金星掩星的机会,测量恒星的亮度变化,从而推导出金星的温度在-9℃和-93℃之间,但要看金星大气中氮、氧等的含量而定。1956年6月以来,许多观测者利用射电望远镜观测金星的厘米波和毫米波射电,得出金星温度在140℃到310℃之间,与其他方法所得的结果相差很大。很可能,射电观测的结果是属于金星表面的,而温差电偶等方法所测得的是属于云层的。但是,各种观测的结果代表怎样高度上的温度,仍旧还不知道。关于金星的温度分布问题,今天仍然是个谜。

三　大气的成分和厚度

金星上有大气存在,这可以从许多事实得到证明:(1)金星和月亮一样,也有圆缺的变化。但是峨眉形金星的两角远远超过圆周的一半以上,当峨眉非常狭窄时,甚至两尖相碰,形成一个光环,包围住金星的暗黑圆面。(2)金星通过日面时,在金星周围有一光环。这两种现象都是由于大气对于光的散射和折射造成的。(3)1910年7月金星掩双子座一恒星时,在掩始前2.5秒钟星光就开始变暗,掩终后又经历了1.6秒的时间,星光才完全恢复。(4)金星的脱离速度是10.4千米/秒,和地球的11.2千米/秒相差不多,可以保住大气,不致逸散。

但是,在1761年6月6日金星凌日时,罗蒙诺索夫发现它有大气以后的100多年中,人类始终无法知道金星的大气成分。因为这个问题很复杂,金星的光谱是反射太阳光的光谱加上行星大气所产生的光谱,在这光谱上又重叠上了地球大气所产生的吸收线。要把金星大气所产生的谱线从中区别出来,就必须观测都普勒效应。上面说过,对于金星的都普勒效应的观测

是很不成功的。直到1932年W.S.阿当斯和T.邓汉模拍摄它的红外光谱时,才发现了三条很强的吸收带,是金星特有的。实验证明,这几条吸收带是光线通过二氧化碳气体时产生的。根据它的强度,可以断定金星大气中二氧化碳的含量是很丰富的。据A.阿捷耳和E.C.司立富所进行的计算和实验,金星上二氧化碳的含量相当于零摄氏度、1个大气压下约3 000米厚的这种气体等值层;而在同样条件下,地球上这种气体的等值层只有8.4米厚。

除了二氧化碳外,1953年科兹列夫又在金星夜天光的光谱中,发现了一系列氮的发射带,其中最强的是3 914Å和4 278Å,这种发射带在地球的极光光谱中也有。由于金星离太阳的距离只有地球离太阳距离的72%,落到它上面的荷电粒子要多得多,故金星上夜天光和极光现象特别强,可能比地球上大50倍。这一现象,近年来也得到了其他天文学家的证实。

1960年,美国把装有仪器的气球升高到24千米的高空,拍摄金星的光谱,结果在11 300Å的区域发现金星有水蒸气的吸收带。按这个带的强度估计其含量,若冷凝而降为雨,则雨量为0.019毫米。

这样一来,似乎可以得出这样一个结论:金星的大气成分是二氧化碳占75%,氮占22%~25%,水占0~3%。① 其他的物质可能还有,但含量很少。例如,从金星大气的散射指示量和光的偏振情形来看,金星大气中是包含有相当大的尘埃质点的。这些质点的性质,我们还不清楚。此外,这个百分比也仅仅是云层上方的情况,大气的下方是否如此,也不知道。若按照费尔索夫的说法,云层下方就完全是另一回事。

费尔索夫的理论是为了回答为什么金星大气中二氧化碳这样多,而氧一点也没有。他认为金星的磁场强度比地球的大五倍,而气体有两种不同的带磁率。一种是顺磁性的,它被磁场所吸引;一种是抗磁性的,它被磁场所排斥。在各种气体中,氧是顺磁性最强的,二氧化碳是抗磁性最强的。这个吸力和斥力虽然不大,但和热效应结合起来就可以使二氧化碳上升到上层,而氧则保留在下层。按照费尔索夫的意见,在金星大气的下层,氧是十分丰富的。但是应该指出,这个学说的理由是不充分的。第一,二氧化碳这种重气体,由于行星的引力只能是下降,而不是上升,在地球大气中,下层所含二氧化碳就比上层多。第二,金星的磁场强度是利用下合时从太阳来的荷电粒子的减少而求得的,假定这时太阳荷电粒子的减少是由于金星磁场弯曲了荷电粒子的路线,使得它没有能够到达地球上来,这个方法也还很不精确。因此,关于金星的大气成分以及磁场的强度,还要进一步观测和研究。

至于大气的厚度,那更是一个未知数,只能根据许多假设来估计。例如,取云层上方的温度为-40℃,表面温度为+300℃,假定从表面算起,每升高1千米,温度降低10℃,则可得出金星大气的厚度为34千米。但是,在这里,就有两个数字值得商讨:第一,+300℃是用射电方法测量的,误差大到±160℃;若取表面温度为40℃,则在同样温度梯度下,大气只厚8千米。第二,每升高1千米,温度降低10℃,这样的温度梯度是在地球上就干燥空气而得到的,随着湿度不同,温度梯度也不同,就潮湿的空气来说,每升高1千米,温度才降4℃。若取这个数值则同样是+300℃和-40℃的温度差数,所得大气厚度就可大一倍多而是85千米。金星大气的许多参数,我们还不晓得,这个非常简化的计算,只能是一个参考数值。

---

① 为了比较起见,可以指出地球上干燥空气的主要成分是:氮占78.09%,氧占20.95%,氩占0.93%,二氧化碳占0.03%。

四　表面情况怎样

关于这个问题知道得更少，浓厚的大气层使我们无法看见金星的表面情况。早年有一些人说，他们看到了金星上的高山和运河，但那只是一种错觉，并无其事。现在只能根据已经知道的大气成分作一些推论，而推论结果又得到两种完全不同的情况。谁是谁非，也许都不对，现在还不能判定。

一种是风沙说，认为整个金星表面上都是干燥而长期受旱的大沙漠，一点潮湿的气味也没有，并且常刮狂风。这一假说的理由是：金星表面温度很高，在大气中氧一直没有发现，水蒸气也很少。根据地球大气中氧主要来自植物的光合作用的理论，可以认为金星上干旱不毛，没有植物，氧无法产生，因而才保持了它原始的二氧化碳和氮的成分。

一种是海洋说。与风沙说完全相反，它认为金星表面是一片汪洋大海，连一点陆地也没有。这一假说的出发点也是金星大气中二氧化碳特别多，水也有一点。在有水的时候，二氧化碳很容易和硅酸盐化合而成为碳酸盐。这一作用叫做碳的固化过程。这一过程在地球上曾经大规模地发生过，它把碳以煤、炭、石灰石、白云石等各种碳酸盐的形式作为矿产储藏起来；而且碳的这种储量远远超过大气中的含量。这种过程的发生虽然是由于几百万年来植物的长期作用，但在早期，特别是在温度很高时，湿润的大陆表面的水的存在也起了一定的作用。如果埋藏在地下的矿质碳再全部释放到大气中，地球大气中的二氧化碳含量就完全可以和金星上的相比。因而，似乎必须这样想：碳的固化过程在金星上没有进行，阻碍它进行的原因就是金星表面全被水覆盖。这样，在海底一层薄的碳酸盐缓冲层形成以后，碳的固化过程就不再进行了，所以金星大气中二氧化碳特别多。再者，由于表面全是水，没有植物进行光合作用，所以大气中也没有氧。

金星表面的温度既然很高，但水为什么没有汽化？关于这个问题，可以这样回答：水的沸腾不但和温度有关系，而且还和压力有关系。当压力为一个大气压（即 1.013 巴）时，水在100℃沸腾；压力为 10 巴时，180℃才开；在 200 巴时，363℃还不开。根据二氧化碳吸收带可以算出，金星大气上方的压力为 0.17 巴，越往下去，大气的密度越大，同时积累在上方的气体也越多。在知道了大气的成分和厚度以后，可以估计出金星表面的大气压力。如果大气全是由二氧化碳组成的，则压力在 4 巴以上；若含有一定量的氮，则在 10 巴以上。所以金星表面温度虽高，水仍然以液态存在。

五　生命是否已经发生

在 19 世纪末和 20 世纪初广泛地流行着一种意见，认为金星现正处在地球发展的石炭纪（约二亿年前），有着温热而潮湿的气候，水分丰富，天空常常布满阴云，大地上长着茂盛的植物，生活着两栖动物和爬行动物。这是一幅吸引人的图画，但是现在已经没有人信了。因为那时相信金星大气的化学成分以及百分比都是和地球的一样的，而从 1932 年以来的光谱分析断然否定了这一点。

行星上是否有生命，不仅决定于它的大气成分，还决定于它表面的物理状态。关于金星表面的情况，既有上述那样悬殊的不同意见，不言而喻，关于金星上的生命问题，意见也不一致。费森科夫坚决否认金星上有任何生命形式存在，而尤里则认为过去有过，现在却没有了。但是

主张有生命存在的仍不乏人。季霍夫说:由于温度不同,各个行星上植物的颜色也不同,火星植物呈蓝色,地球植物呈绿色,金星植物呈橙色。巴拉巴舍夫在被太阳照亮的金星部分,观测到颜色特别显得赤黄,这证明金星上是有植物的。

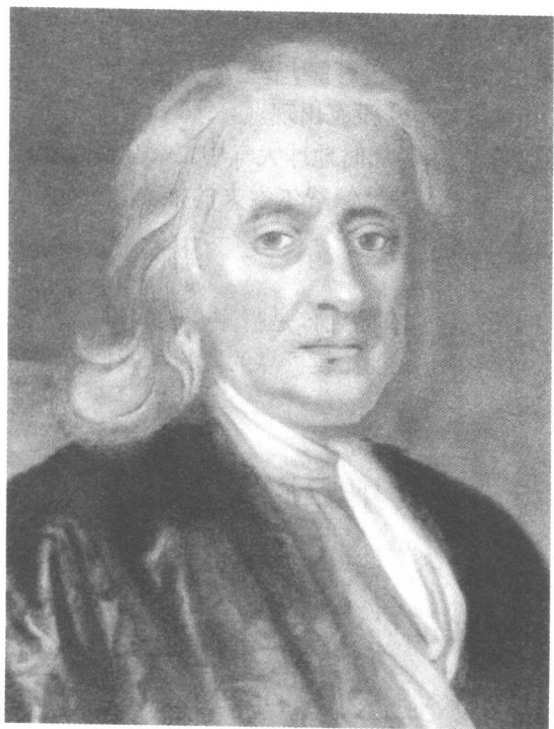
应该指出,季霍夫的说法是和金星大气的成分相矛盾的。前面说过,植物会吸收二氧化碳,放出氧,同时把碳固化在矿物中。还有,植物大多要生长在陆地上,陆上还得有水分,这两个条件又促进了碳的固化过程。但是在金星大气中,一直没有发现氧,而二氧化碳又特别多。

这样看来,金星上是不会有植物的。没有植物,就不可能有动物,因为动物都是直接或间接以植物作为食物的。但是问题还有其另一方面:也许生命正在海洋中发生。大约在五亿年前,那时地球上正处在寒武纪,海洋所占面积比今天大得多,在水中繁荣着原始生命,这些原始生命后来就发展成为陆生动物、哺乳动物,最后发展成为人。很可能,金星今天就处在这样一个时期,原始生命已在海洋中发生,而陆生动物,甚至昆虫也还没有出现。

若果真是这样,则金星大气成分就很容易得到解释,因为那时地球大气中二氧化碳也是很多的,可与今天的金星相比。但是,这也只是一幅想像图。如果像费尔索夫的推测,金星大气下层氧气很多,如果海洋说不成立,这幅图画就得完全重绘。

总而言之,关于金星的一切,今天有的知道得不够确切,有的纯粹是臆测,问题多得很。现在,探测金星的自动行星际站已在途中飞行,不久就会得出一批比较可靠的资料。我们不能指望一次就能解决一切问题,然而这是一个成功的开端。

〔原刊《科学通报》,1961 年 4 月号〕

万有引力定律是怎样发现的

牛顿(1642—1727)
(选自《中国大百科全书·天文学》)

凡是稍微学过一点自然科学知识的人,都知道牛顿(1642—1727)这个名字,也知道万有引力定律。苹果落地使牛顿发现万有引力定律的故事,更是广为流传。这个故事起源于法国文学家伏尔泰在1738年写的小说,据说这话是牛顿的侄女亲自告诉他的。但是这个故事并不是真实的。生在牛顿之后50年的德国数学家高斯(1777—1855)就对这个故事深表不满,他说:"你爱信随你去信。事情一定是这样的:有一位外行客人询问牛顿怎样发现万有引力定律,牛顿为了节省时间,便说一个苹果打中了我的脑袋而发现。"高斯是一位杰出的数学家,深知科学研究工作的继承性和艰巨性,所以才说了这番话。事实上,牛顿万有引力定律的发现,用了约20年的时间(当然,20年中间他不是单做这一件事),而且是建立在开普勒(1571—1630)和伽利略(1564—1643)的研究成果之上。牛顿自己曾说:"假若我能比别人瞭望得略为远些,这是因为我立足在前辈巨人的肩膀之上。"

在牛顿以前,开普勒利用了25年的时间,分析著名天文学家、他的老师第谷(1546—1601)对行星方位所作的观测结果,从而得出了行星运动的三条定律:(一)行星沿椭圆轨道绕着太阳运动,太阳在椭圆的一个焦点上;(二)行星和太阳之间的连线,在相等的时间内扫过相等的面积;(三)各行星绕日周期的平方和它轨道半轴长的立方成正比。和开普勒同时,伽利略在力学方面也发现了物体的几个运动定律。他知道了"物体在不受外力作用时,静者恒静,动者恒沿直线作等速运动"。他也知道了"物体运动量的改变和外力成正比例"。

根据理论力学的研究,一质点在受着中心力作用时,质点和力心之间的连线,在相等的时间内必定扫过相等的面积,只要作用于质点的力的方向是和连结质点、力心间的直线一致就行,至于这力是引力还是斥力,却完全无关。如果再作进一步假定,设这力是引力,力的强弱和质点、力心间距离的平方成反比,那么该质点运动的轨道便必然是圆锥曲线,即椭圆、抛物线或双曲线。开普勒自己就曾一度拟议说:太阳吸引行星的力量和距离的平方成反比。不过后来

他又认为是和距离成反比。开普勒以外，当时还有不少的人提出平方反比的关系，但是都不免带有一些推测的性质。直到 1684 年，牛顿用数学方法证明给哈雷(1656—1742)看，按照平方反比的关系，行星一定要沿着椭圆轨道绕太阳运动，这才定了案。

事实上，约在哈雷去请教牛顿的 20 年前，在 1665 年至 1666 年之间，牛顿已经解决了平方反比的问题。但是，他迟迟不肯发表。他认为这还不是万有引力定律，这只是借开普勒的行星运动定律证明了太阳和行星间的引力与距离的平方成反比。他从行星联想到月亮。他想：行星因为受到太阳的吸引而绕着太阳转，现在月亮绕着地球转，可见月亮必定是受了地球的吸引。另一方面，牛顿又从伽利略的运动定律得出这样一个公式：物体运动的加速度跟作用力成正比，跟物体的质量成反比。这就是牛顿第二运动定律。地面落体的加速度，伽利略已经测出是 9.8 米/秒^2。如果月亮和苹果同时受地球的吸引，而引力的大小又和距离的平方成反比，那么月球落向地球的加速度，就应该是地面落体加速度的 1/3 600，因为月地距离是地球半径的 60 倍。但是当牛顿做这计算的时候，地球半径的数值知道得不够准确，因此他所得月球的加速度，并不恰等于地面落体的 1/3 600。由此牛顿便怀疑到他的见解或许有错，便把它搁置一边。后来法国有位天文家重新测量了地球的半径，得到了更为精确的新数值。牛顿利用这数值一算，果然不差。由此可见，这引力定律不仅可以应用于太阳、行星之间，也可应用于地球、月亮之间，以至于地面上的一切物体，真可以够得上“万有”。

不过，这里所证明的还不是万有引力定律；这只是证明了球状的物体之间，彼此吸引的力量和球心距离的平方成反比，而万有引力定律还包括任何两点物质之间，都有遵守这条定律的引力。做到最后这步功夫，还是牛顿的功劳。他应用数学方法，从两点间有平方反比的引力出发，证明了密度均匀(或者只是各层的密度均匀)的球体吸引外物的力量，就等于把球体压缩成一小点放在中心时对于外物所有的引力。

以上是万有引力定律发现的经过情形。毛泽东在《实践论》里说：“许多自然科学理论之所以被称为真理，不但在于自然科学家们创立这些学说的时候，而且在于为尔后的科学实践所证实的时候。”牛顿从研究天体的运行发现了万有引力定律，后来又应用他自己所发现的定律，解决了天文上的许多问题，例如岁差、潮汐、木星形状、地球质量，等等。这些问题本来好比是一盘散漫的珠子，万有引力定律就是一条丝线，成功地把它们串成了一条珠链，使形形色色的现象，统一于同一规律之下。不过万有引力定律可以应用的范围太广了，牛顿以后好几代的天文学家和物理学家，才把它的效果充分地发挥出来。1846 年海王星的发现就是一个光辉的例子。这颗行星是由勒威耶和阿登斯根据万有引力定律先算出位置来，然后才观测到的。在这里，理论对于实践起了重大的指导作用。而在此以前，英国物理学家卡文迪什已测定了引力常数，从实验上证明了万有引力定律。

今天，科学的进一步发展虽然证明万有引力定律的应用范围是有限的，它不能应用到微观世界的现象上，也不能应用到速度接近光速的运动上，但是，在我们的日常生活中，它仍然是一条有效的自然规律。在利用这条规律的时候，我们也应该正确了解它的发现经过，而不为神话般的传说所迷惑。科学上的任何一个重大发现，都不是一蹴可成的，而是要在继承前人的基础上，经过一番长期的艰苦的努力才能达到。牛顿对于万有引力定律的发现正好证明了这一点。

〔原刊 1961 年 10 月 8 日《文汇报》〕

天文学和现代科学

天文学是一门探索天体和宇宙的结构和演化的科学。它和工农业生产、交通运输、各门科学研究乃至人们的日常生活，都有密切的关系。在各民族科学发展的初期，它总是走在最前面。近代科学的兴起，也是从天文学开始的，那就是哥白尼的不朽的著作《天体运行论》的出版。到了20世纪，天文学在科学技术中的作用，不但没有减少，反而增大了。天文学在其发展中曾经得到了一系列的学科，特别是光学和电子学等的巨大帮助，而天文学的发展，又反过来大大促进了其他学科的进步。

一　标准时间的供给者

用天文学的方法，可以准确地确定时间。如果没有正确统一起来的时间计算方法，人类的科学技术活动就不可能进行下去。

在科学实验中，在自动化工厂中，更需要精密的时间计量。在这里，光知道几点几分甚至几秒也不够了，往往需要准确到十分之一秒、百分之一秒、千分之一秒……

我们可以依靠钟表来决定时间。但是钟表走得有快慢。怎样来校正呢？幸得宇宙本身是一个相当准确的钟表，我们可以根据天体运行来校正钟表。因此，天文台就成为标准时间的供给者。授时乃是它的一项重要的经常性的工作。对于时间有严格要求的现代科学技术的每一项成就，实际上都无形中包含着进行授时工作的天文学家的汗水呢！尽管氨分子钟和铯原子钟，还有将来可能制成的“核钟”，可以提供精确度更高的频率标准，但在目前它们还是代替不了天文工作者的测时、授时工作。

二　以天测地

开垦荒地和进行基本建设，探查矿山和开凿运河，修建铁路和灌溉系统，谁人是先锋？测量工作者。但你是否知道，大地测量学就是根据天文学上的材料来测量地球并绘制地图？可以说，大地测量学和制图学是从天文学的一部分发展起来的。因此，进行这些建设，也还是与天文学家的工作有密切关系！

天文学家不但要为国民经济建设直接服务，而且还要做一些对人类具有长远利益的工作。例如，利用对人造地球卫星的观测来进行人类足迹难以到达地区的大地位置测定和地方重力异常测定，从而推测那里的矿藏。同时，利用天文学的材料，我们还可以将地球与其他行星进行比较，从而更加清楚地了解地球上各种地质构造的形成过程。现代地质学也是离不开天文学的。

三　帮助相对论的建立

不仅如此,天文学在现代物理学的建立中也有不少的汗马功劳呢!

20 世纪前 60 年中物理学里最伟大的三项成就是:相对论和量子力学的建立,以及原子核能的掌握。但是还有很多人并不知道,这三项成就的取得都和天文学的研究有着密切的关系。

爱因斯坦的狭义相对论中,有一个著名的质能关系公式:$E = mc^2$。它说明了,任何物质内部蕴藏的能量(E),在数值上等于它的质量(m)乘上光在真空中的速度的平方(c^2)。这个公式是原子核物理学的理论基础。而它的建立就是和天文学观测分不开的。

又如爱因斯坦的广义相对论中,有这样三个结论:水星绕日运行的近日点发生变动,光线通过引力场时会发生弯曲,光在引力场中运动时频率发生变化。这些结论的证实一向只有依靠天文学观测。只有最后一项,在 1957 年发现了穆斯堡尔效应以后,验证才可以在实验室中进行;但天文学观测仍有重大意义。

四　与量子力学的“礼尚往来”

量子力学的建立使我们能够洞察微观世界的规律性,如解释原子光谱。研究天体物质亦可求助于量子力学,比如利用光谱分析。但天文学对此不是“有来无往”的,它也对量子力学做出了一些有价值的贡献。由于宇宙空间存在着地球上所没有的物理条件,因此在那里物质所处的物理状态往往和地球上不一般。比如,从温度很高而密度极其稀薄的星云射来的光线中,拿分光仪一看,在光谱中就有为地球上所没有的很强的“禁线”出现。后来查明,这些线是来自电离氧和电离氮等。这样就有助于人们去更全面地深入探索物质的奥秘。

我们不妨一提万德赫斯特的预言。1944 年荷兰天文学家万德赫斯特从氢原子的超精细结构的理论研究中,指出氢原子会发射 21 厘米的无线电波。但 1 个氢原子平均要在 1 000 万年里才能发射一次这样的电波。这在地球上当然是根本无法观测到的。但他预言,从星际氢原子的发射可以观测到。1951 年,三大洲的天文学家果然同时在银河系里发现了这种电波。这一发现是无线电天文学中的巨大成就之一,同时它也验证了量子力学的正确性。

五　对原子能科学的启发

天文学与原子能研究的关系是十分密切的。看一看热核反应的发现史就足以说明问题。

在天文学中,早已证明太阳和恒星彪炳千秋,其能量来源是无法用任何已知的现象解释的。在 1929 年,发现太阳大气里氢最多而氦其次以后,许多天文家就觉得氢原子核合成氦原子核的过程,可能是太阳能的来源。到了 1939 年,贝特便把详细的理论建立了起来,他说星能最主要的来源是一个六步的原子核链式反应:由碳和氮做触媒,把氢聚变成氦。这个变化必须在 1 800 万摄氏度时才能进行,所以叫做热核反应。利用碳氮循环可以解释太阳和早型恒星的能源。但在晚型恒星中却是另一种热核反应在起作用,即质子 - 质子反应。质子就是氢原子核。首先由两个质子合成一个氘(D^2),再由一个质子和一个氘合成一种氦的同位素(${}_2He^3$),最后由两个${}_2He^3$合成一个氦(${}_2He^4$)。这一质子 - 质子反应,实质上就是制造氢弹的理论根据,因而氢弹的发明又是受了天文学研究的启发。同样,未来的取之不尽的能源——热

核反应的和平利用,“饮水思源”,也有天文学的一功。

六　难以想像的巨大能源

现在世界上最大的同步稳相加速器,只能将粒子加速到 1 000 亿(10^{11})电子伏特的能量。如果要造一架把粒子加速到 1 000 万亿(10^{15})电子伏特的这种类型的加速器,它的环形磁铁就要做得跟地球赤道一样大,这是很难办得到的。但是,现在在宇宙线中已经观测到了能量高达百亿亿(10^{18})电子伏特的粒子。这些粒子是从哪里来的? 产生的机制如何? 这些问题都要求天文学家来回答。关于这个问题还没有肯定的答案,但一般人都认为是起源于超新星的爆发。当超新星爆发的时候,恒星的放能本领在几天之内就可增加千万倍。这相当于在同一时间里在每平方千米上,爆炸 1 万个 1 亿吨级的氢弹! 可以想见,这种使太阳望尘莫及的巨大能源的来历最终被人弄清楚以后,其意义该有多大!

但是,超新星的爆发是非常罕见的事。在我们的银河系里,近 1000 年中间可能才只有过 7 次。虽然在河外星系中我们也时常观测到超新星,但距离太远,而且常是爆发之后才发现,因此,我们难以详细研究这种伟大的激烈放能过程。不过,太阳上也有爆发现象,可给我们提供一点线索,尽管太阳上的爆发和超新星的爆发相比,是小巫见大巫。

至于宇宙线的观测,不论其来源是超新星还是别的天体的爆发过程,今天就可以对基本粒子物理学做出重大贡献了。这种研究不需巨型加速器,而粒子能量又可比加速器得到的大得多。这实在是一个多快好省的办法。

七　备受关注的日地关系

太阳观测还有更重要的一面。太阳上的爆发,引起了地球上的三种物理现象:第一,爆发时产生紫外线和 X 射线,这些辐射引起地球电离层电离度的增加,这样有时可使短波无线电通信中断。第二,爆发时产生微粒辐射,这些粒子在进入地球上空时,引起极光和磁暴(地磁场强度和方向急剧变动)。第三,爆发时产生无线电波,它有时会干扰地球上的雷达的工作。此外,太阳爆发还会影响气候和地球自转等。因此,太阳活动的研究,也已经是地球物理学家、无线电工作者和军事技术专家关心的对象。日地关系已经成了天文学、地球物理学、无线电电子学等学科联合研究的尖端课题。

八　宇宙航行的舵手

最新材料表明:太阳一次爆发所释放的能量,相当于爆炸 300 到 1 000 个 1 亿吨级的氢弹。这种爆炸所产生的 X 射线和质子,其能量可达 1 亿电子伏特,它对人体是很危险的。将来进行星际航行时,必须考虑到这一点。因此,天文学家就成了宇宙航行的情报员。

天文学家可以帮助宇宙航行的地方很多,譬如宇宙火箭在太空里应该走怎样的路线,怎样才能安全到达目的地,目的地上的环境怎样,这些都要天文学家来进行观测和计算。由于火箭技术的迅速发展,游月宫、探火星的时代即将到来,天文学中一门古老的分支——天体力学,现在又重新活跃起来,它将要成为宇宙航行的舵手。

这是一个方面。另一方面,天文学也沾了火箭技术的大光。由于火箭技术的发展,天文学

将要由观测的科学变成实验的科学。

九　无尽的启示

和天文学相邻的学科的出现和蓬勃发展，是天文学有助于科学事业的表现，这还可以从更多的方面得到证明。比如1961年发现，太阳的爆发是由于日面上磁场的迅速收缩，这种收缩可以把一小部分气体的温度加热到3000万摄氏度，并把它从日面抛向太空。换句话说，在太阳的爆发中存在着磁场转化为热能的过程。这一过程如能在实验室中用人工方法再现，将会在未来力能学的研究中起革命性的作用。

〔原刊《科学大众》，1962年5月号〕

《淮南子·天文训》述略

《淮南子》是淮南王刘安组织许多学者集体编写的一部著作。刘安的生年不详，卒于公元前 122 年。这本书写成于公元前 140 年左右。全书内容相当广泛，共分 21 卷，《天文训》是它的第三篇，毛泽东《渔家傲》词前头的按语"关于共工头触不周山的故事"引用的就是这一篇的第二段。在这一段以前，还有一段讲天体的起源，在这一段以后讲到关于五星、二十八宿和历法等各方面的知识，是研究我国上古天文学的一把钥匙。

天体的起源和演化的问题，是自古以来人们就关心的问题，也是现代科学还没有解决的问题。秦以前的诸子，他们在谈到自然界的时候，偶尔也涉及这个问题，但都没有完整的概念。说得比较清楚而有系统的，《淮南子·天文训》是第一次。它说：天地在形成以前，是一团混沌状态的气体。气有轻重，轻清者上升而为天，重浊者凝结而为地，天先成而地后定。天地的精气合而为阴阳。阳气积久生火，火的精气变成太阳，阴气积久生水，水的精气变成月亮；太阳和月亮过剩的精气变成星星。《天文训》中这一朴素的天体起源理论，经东汉天文学家张衡的肯定，曾流传了 1 000 多年。

由于地球的自转，看来好像是日月星辰都在以北极为中心环绕着地球转。一个地方的北极地平高度，等于它的地理纬度。在黄河流域，现今的陇海路沿线一带不到 35 度，故看来天极向北方倾斜。另一方面，我国地势西北高、东南低，河流多向东南流。为了解释这两个现象，《天文训》引用了共工与颛顼争为帝的神话：共工"怒而触不周之山，天柱折，地维绝，天倾西北，故日月星辰移焉；地不满东南，故水潦尘埃归焉"。这虽然不是用自然界本身的发展来说明自然界，但作为一个神话，充分体现了人们改造自然、改造客观世界的英雄气概。共工这一光辉的形象，永远活在中国人民的心里。

我国人民所熟悉的二十四节气，作为一个完整系统，其全部名称也是首先见于《天文训》。它说："[斗]日行一度，十五日为一节，以生二十四时之变。"接着就依据北斗斗柄所指的方向，从冬至起，到大雪止，列出了二十四节气的名称。在这里，值得注意的是雨水在惊蛰之前，清明在谷雨之前，这个次序和现行的夏历一致，却和《吕氏春秋》(成书于公元前 3 世纪)、《礼记·月令》不同，和本书的《时则训》也不同，而后三者的内容是一致的。于是从刘歆(？—23)开始，便有许多人依据这些文献来断定《天文训》的这一段是错了。其实不然。按照《吕氏春秋》的说法："孟春之月，蛰虫始振"；"季春之月，时雨将降"，则在现在阳历的 2 月 20 日前后冬眠的昆虫就开始蠢动，4 月 5 日前后田里所需的雨就将下降，这在黄河流域未免是早了一些，因此，在制定二十四节气时，把它作适当的调整，是合情合理的。正因为它比较合理，所以尽管有人反对，但到现在还一直在使用。

那么同一书中为什么又自相矛盾呢？这是因为《天文训》这一段写的是当时的实际情形，而《时则训》是收集古代遗留下来的材料，也可以说是从《吕氏春秋》抄来的。这种杂取众说，不加批判，不能自相统一的例子，就是在《天文训》同一篇中也还有不少。就拿清明来说吧，这和同一篇中谈到"八风"时说的冬至后 135 日"清明风至"就又有矛盾，在此则清明相当于立夏。

还有，若根据二十四节气一段，则一年为 365 天；若根据“八风”一段，则一年为 360 天。在这里，又一次反映了两段材料的来源不同。

这种杂取众说，择而不精的作法，是本书的一个缺点。但从我们搜集科学史资料的角度来看，却又是优点，它给我们提供了丰富的材料。例如，“朞三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁”，《尚书·尧典》中关于历法的这一句话，在以后的任何文献里都再没有反映，但在《天文训》里有。它说：“日冬至子、午，夏至卯、酉；冬至加三日则夏至之日也；岁迁六日，终而复始。”按照干支纪日法(即用甲子、乙丑……纪日)，60 日为一个周期，若要明年夏至日的支名比今年冬至日的推后 3 天，明年冬至日的支名(子、丑、寅、卯、……)比今年的推后 6 天，则必须一年的日数为 366 日，因为 60 除 183 所得的余数是 3，60 除 $2\times183(=366)$的余数是 6。但是 366 日比一个回归年的长度(365.2422 日)要大 0.7578 日，两年就要多出 1 天半，4 年就得减 3 天，这是很不方便的；倒不如反过来，取一年为 365 日，每 4 年加一闰日，该年成为 366 天，这样平均每年为 $365\frac{1}{4}$日，与回归年长度也比较接近。现行的阳历基本上就是这种形式。

一年为 $365\frac{1}{4}$日，这个数据大概在公元前 500 年左右，我国的天文学家们就已经知道了。因为日的奇零部分为 1/4，所以后来采用这种回归年长度制定的历法就叫做“四分历”。从战国到汉武帝元封七年(前 104)以前，我国实行的都是四分历，《天文训》中详细地记录了这种历法：

$$1\text{ 回归年}=365\frac{1}{4}\text{日}$$

$$12\text{ 朔望月}=12\times29\frac{499}{940}\text{日}=354\frac{348}{940}\text{日}$$

$$\text{岁余}=365\frac{1}{4}-354\frac{348}{940}=10\frac{827}{940}\text{日}$$

$$19\times10\frac{827}{940}\text{日}=206\frac{673}{946}\text{日}\approx7\text{ 朔望月}$$

$$19\times12+7=235\text{ 朔望月}\approx19\text{ 回归年}=6\,939.75\text{ 日}$$

即在 19 年之后，节气又和今年发生在同一日子，但不在同一时刻，若再将此数以 4 乘之，即得：

$$4\times19\text{ 年}=76\text{ 年}=4\times6\,939.75\text{ 日}=27\,759\text{ 日}$$

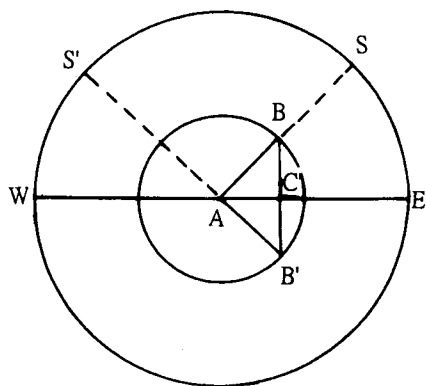
则在 76 年以后，节气不但和今年发生在同一日子，而且在同一时刻。但 27 759 非 60 所能整除，若用干支纪日，则在 76 年以后日名不同，为了日名相同，得再乘 20：

$$20\times76\text{ 年}=1\,520\text{ 年}=20\times27\,759\text{ 日}=555\,180\text{ 日}$$

即在 1520 年以后，节气不但和今年发生在同日同时，而且日名也相同。《天文训》里把 76 年的周期叫做“一纪”，把 1 520 年的周期叫做“一终”。接着在另一处又说了这样一段话：“太阴元始，建于甲寅，一终(1 520 年)而建甲戌，二终(3 040 年)而建甲午，三终(4 560 年)而复得甲寅之元。”我们知道，1 520 不能被 60 整除，这就是说，若用干支纪年，则 1 520 年后的岁名不一样，若用 4 560 年为一个更大的周期，则不但那时节气和今年的发生在同日同时，而且岁名、日名也一样。因此，这就给我们提供了一个重要证据：至少在西汉初年时已有了干支纪年的方法，这比一般所公认的东汉元和二年(85)复行四分历时才用干支纪年要早二百多年！但不能就此而得出结论说：《淮南子》就是只主张用干支纪年的。因为久已留传下来的摄提格、单阏、执除、大荒落……赤奋若这一套岁名，在《天文训》里也还是有详细的叙述，并未抛弃。值得注意的是：在这里又出现了阏逢、旃蒙、柔兆等十个岁阳之名。把岁阳和岁名相配，如阏逢摄提格

等,也可以得到60年的周期。这样一来,我国纪年法的演变大概是:先用十二个岁名,然后再用岁阳和岁名相配,最后又用十干和十二支的相配代替了岁阳和岁名的相配。在《淮南子》时代,大概就是由第二种向第三种过渡的时候。

一年等于365 $\frac{1}{4}$ 日,这个数据是用立竿验影的办法得来的。在平地上立一个标竿(古人叫做"表"),则竿子的影子在一天里面,中午时最短;在一年里面,夏至时最短,冬至时最长。为了便于测量每天中午时的影长,古人又在地上和表相连的地方,沿南北方向平摆一把尺子,叫做土圭。圭和表合起来叫做圭表,它是最早的天文仪器,在《周礼》中就有四处提到它,不过只是笼统地说:"以土圭之法,测土深,正日景(即影),以求地中。……日至之景,尺有五寸,谓之地中"(《地官·司徒》)和"土圭以致四时"(《春官·典瑞》)等,既没有说在什么地方观测,也没有说用的表有多高,更没有说到其他节气的影长。《天文训》则说明了八尺高的表冬至日中午的影长为一丈三尺,夏至日中午的影长为一尺五寸。由这两个数据我们可以求得观测地点的纬度为34°48′,这和陇海路沿线一带的纬度很相一致,可能就是在洛阳观测的结果。由这两个数据,还可以算出当时的黄赤交角为23°54′,用近代天文学推算得为23°44′,相差亦只10′。由此可见,《天文训》中的数据却是实测纪录。与此相较,《周髀算经》中说的"冬至日晷(即日影)丈三尺五寸,夏至日晷尺六寸",就显得误差太大了。

汉代学者都众口一词地说表高八尺,独有《天文训》中记载了一种十尺高的表,这是很值得注意的一条资料:"欲知天之高,树表高一丈,正南北相去千里,同日度其阴,北表二尺,南表尺九寸,是南千里阴短寸,南二万里则无影,是直日下也。"这也许只是一种理想,并未实行。若真要实行,就会发现日影并不是千里差一寸。

此外,《天文训》中还提出了一个利用标竿来测定方向的新方法:先立一个固定标竿A,再把另一标竿B在它的东方十步远的地方移来移去,早上的时候从西(A处)往东北、东或东南(例如B处)看,依季节而定,下午的时候从东(例如B′处)往西北、西或西南看,两次观测均要使两个标竿A、B和日面中心S、S′重合,这样,在两次日影等长的时候,东方活动标竿两次位置的连线BB′就是正南北,而它的中点C和A的连线就是正东西。

圭表是最古老、最简单而又科学的仪器,用它可以定方向、测时间、求回归年的长度、量天体的高度,等等。但是它只能进行地平坐标的测量,而《天文训》中却列出了二十八宿的赤道广度(即各距星间的赤经差):"角十二,亢九,……张、翼各十八,轸十七。"各宿的广度都是整数,只有箕为11 $\frac{1}{4}$度,二十八宿共总为365 $\frac{1}{4}$度。这个$\frac{1}{4}$的奇零部分,在三统历中没有提到,从后汉四分历起移到了斗宿的名下。除此以外,这些数字没有改变地一直被应用到唐朝开元十一年(723),才由一行重新进行了测量。

这些数字的取得,可以有三种办法。一种是在同一天晚上,观测各距星通过子午线的时刻差,再把时刻差换算成度数。第二种办法是连续在每一天晚上的同一时间(例如晚上九点钟)进行观测,这样则各距星通过子午线的日数差,即赤经的度数差。第三种办法是在浑仪上直接测量两距星间所张的角度。第一种办法汉朝人根本没有想到过,元朝的赵友钦才在他的《革象

新书》里提出，因此在这里不必讨论。第二种办法似乎有可能，因为我国在上古就很注意南中星的观测，早在《尚书·尧典》中就提到了；但一考虑到这种观测所需的时间之多和精确度之低，就很难说用的是这一种办法了。第三种办法则比较简单，但必须使用具有赤道环的浑仪。因此，这又给我们提供了一条线索，证明在落下闳等人于元封七年(前 104)进行改历以前就已经有了浑仪和对二十八宿的观测结果，他们不过只是总结了这些新的成就。而浑仪的发明在我国天文学的发展上具有极其重要的意义，有了它，许多测量工作才能进行，浑天说也应运而生。

人们最早认识的太阳系里的五大行星，我国在秦以前管它们叫做：辰星、太白、荧惑、岁星、镇星。除了岁星以外，文献中记载的都很少，只有“甘氏星经”和“石氏星经”中可能全都谈到，不过这些书都失传了。在现存文献中，把五星作为一个系统来叙述，并且转换成现在还通用的名字，这是《天文训》的功劳。它说：“何谓五星?”东方木也，其神为岁星；南方火也，其神为荧惑；中央土也，其神为镇星；西方金也，其神为太白；北方水也，其神为辰星。到了《汉书·律历志》就直接叫做木星、火星、土星、金星、水星了。《天文训》里给出木星和土星的恒星周期为 12 年和 28 年，金星的会合周期为 635 日；根据现今天文学的实测，这些数据应为 11.82 年、29.46 年和 583.92 日。

木星的恒星周期(11.86 年)和太阳黑子活动的平均周期(11.4 年)很相近。这使我们联想到一件事情：现在很多人在讨论黑子活动和地球上的旱涝关系，而《天文训》里又说：“岁星之所居，五谷丰昌，其对为冲，岁乃有殃；……故三岁而一饥，六岁而一衰，十二岁而一康。”并列有以十二年为周期的旱涝情况。《天文训》的这一说法是从甘氏的《岁星经》中继承下来的。其实，在秦以前，不止甘氏有此说法，《史记·货殖列传》引越国的计然亦有类似的说法。为什么那时人们非常注意这一关系呢？若单从星占术出发，那为什么不用土星呢？“岁镇行一宿，二十八岁而周天”，用土星也一样的方便。可能是已经觉察到了一个地方的旱涝情况大致上有十二年的周期变化，因为不知道太阳黑子的活动周期，就把它归结为和木星的周期有联系了。事实上，这里的情况很复杂，到现在也还没有定论。

《天文训》中除了上述这些天文学资料以外，还有关于物理学的知识。利用凹面镜把太阳光聚在焦点上，可以得到很高的温度，用来燃烧东西，《天文训》首先记载了这一事实。我国古书中记载五声以数相求者，以《管子·地员篇》(成书于公元前 4 世纪)为最早，记载十二律以数相求者，以《吕氏春秋》为最古。但《吕氏春秋》只列出“黄钟(今 C 音)生林钟(G 音)，林钟生太簇(D 音)，……”并说：“三分所生，益之一分，以上生；三分所生，去其一分，以下生”，但没有列出各种律管的具体数字。《天文训》则列出了各律管的整数或近似整数值，即：若取黄钟律管的长度为 81，则林钟为 54，太簇为 72，……并把三分损益法说得更清楚：“下生者倍，以三除之；上生者四，以三除之”，即：$81\times\frac{2}{3}=54, 54\times\frac{4}{3}=72$，……但因 $81=1\times3^4$，这样只有五个律管的长度为整数。为了十二个律管的长度全为整数，《天文训》又说：“置一而十一三之，为积分十七万七千一百四十七，黄钟大数立焉”，即若以 $1\times3^{11}=177\,147$ 为黄钟之数，则十二律管的长度皆为整数。《史记》、《汉书》都采用了这个数据，并演算出其他十一律管的长度。

以黄钟律管的长度为标准，当做九寸，“十寸而为尺，十尺而为丈”，“四丈而为匹”——《天文训》是这样地给出了长度单位的换算。关于重量的单位是：“十二粟而当一分，十二分而当一铢，十二铢而当半两，……二十四铢为一两，十六两为一斤，……三十斤为一钧，……四钧为一石。”关于时间的单位，《天文训》里可就没有这样清楚的概念了，它只是说：“日出于旸谷，浴于咸池，拂于扶桑，是谓晨明；登于扶桑，爰始将行，是谓朏明；至于曲阿，是谓旦明；至于会泉，是

谓蚤食;……”后来的人都根据这一段话,认为当时是根据太阳在地平圈上的位置,把一昼夜分为15等分或16等分,但是这一说法有问题。若根据这一说法,则晚上10点半叫做黄昏,午夜12时叫做定昏,这未免太名不副实了。我们的看法是这十几个名词都是指白天的时间,而不包括黑夜;除了“至于昆吾,是谓正中”恒为中午12时外,其余的名称都不和现在的固定钟点相对应,而是随着季节和地点而变化的。以北纬35°的地方来说,假定黄昏即为民用昏影终的时刻,则在春分时为下午6时37分,夏至时为7时47分,秋分时为6时23分,冬至时为5时21分。

《天文训》在不到7 500字的一篇文章里,给我们遗留下来这样多的知识,不能说不算宝贵。而更重要的是把天文知识作为一个独立的部门,并把乐律和计量标准当做它的附庸,专立一章来叙述,这是第一次,它影响到后来的《史记》、《汉书》以及其他的各史。它们都把天文、律历当做组成部分。正因为二十四史中差不多都有天文志和律历志,我国的丰富的观测纪录和多彩的历法知识才得保存下来。当然,二十四史中有天文、律历的原因还有其他方面,但把《淮南子·天文训》的影响作为一个方面,总是可以的吧!

(本文写作期间,承蒙叶企孙教授和钱宝琮教授指导,特此致谢)

〔原刊《科学通报》,1962年6月号〕

试论王锡阐的天文工作

一

王锡阐，字寅旭，号晓庵；又字昭冥(肇敏)，号余不，别号天同一生，江苏吴江人。生于明崇祯元年六月二十三日(1628 年 7 月 23 日)，卒于清康熙二十一年九月十八日(1682 年 10 月 18 日)，享年五十有五。当他 17 岁时，逢明政权覆灭。从忠君爱国思想出发，他屡次求死，投河遇救而不死，绝食七日又不死，父母强恃之，不得已乃复食，遂弃制举业，专力于学，尤嗜天文历数[1]。夜晚遇天色晴朗，即登上屋顶，仰观天象，竟夕不寐。久之，对于中西学说，皆能条其原委，考其得失，著有《晓庵新法》和《五星行度解》等书[2-3]。锡阐的著作，皆用篆体字书写，人多不能识[4-6]，加以他所研究的学问太专门，从其学者，未几皆厌倦罢去，而自己又无子女，家中无人照料，故其手稿于死后颇多遗失[7]。后经潘耒、徐善、沈眉寿、俞锺岳等人搜集整理，现存者尚有 50 余种(包括信件、诗等)，其中属于天文方面的有：

(1)《历说》五篇(可能写于 1659 年)

(2)《晓庵新法》六卷并序(成书于 1663 年秋，版本较多，以《丛书集成》中据守山阁丛书排印本较好，亦易得到)

(3)《历表》(分上、中、下三册，包括太阳盈缩立成等 24 个表)

(4)《历策》一篇(约写于 1668 年 3 月之后)

(5)《五星行度解》(成书于 1673 年秋之前，《丛书集成》中有据守山阁丛书排印本，《中西算学丛书初编》中亦有)

(6)《日月左右旋问答》(1673 年秋)

(7)《推步交朔序》(1681 年 8 月 29 日写)

(8)《测日小记序》(1681 年 9 月 12 日写)

(9)《大统历法启蒙》

以上九种均见光绪十四年(1888)刊印的《木犀轩丛书》。

(10)《贻青州薛贻甫书》(1668 年)

(11)《答四明万充宗》(1672 年 10 月 5 日)

(12)《答朱长孺书》(1673 年 9 月 11 日)

(13)《答嘉兴徐圃臣》(1681 年)

以上四种均见道光元年(1821)俞钟岳校刊的《晓庵先生文集》(杭州浙江图书馆抄本)卷二和光绪十九年(1893)李木斋辑的《王晓庵先生遗书补编》(北京大学图书馆藏抄本)。

此外，王氏天文著作现仅存篇名者有：

(14)《西历启蒙》(当与《大统历法启蒙》类似，为概括西法之书)

(15)《丁未历稿》(是他推算的公元 1667 年的年历)

(16)《三辰晷志》(王曾创一晷，可兼测日、月、星，这是他为这个仪器写的说明书)

以上三种潘耒(1646—1708)在《晓庵遗书序》内均曾提到过,但现已不见。

又,现在上海图书馆藏有《西洋新法历书表》26卷,共16册(抄本),题晓庵氏著,但此书是否为王锡阐所著,尚不敢肯定。故本文讨论他的天文工作,仍以前13种文献为依据。

对于王锡阐的这些天文工作,清代的学者们作了很高的评价。例如,顾炎武(1613—1682)说:"学究天人,确乎不拔,吾不如王寅旭。"[8]潘耒说:"吾邑有耿介特立之士,曰王寅旭,自立新法,用以测日月食,不爽秒忽。神解默悟,不由师传,盖古落下闳、张衡、僧一行之俦也。"[5]梅文鼎(1633—1721)说:"历学至今日大盛,而其能知西法复自成家者,独北海薛仪甫、嘉禾王寅旭二家为盛,薛书受于西师穆尼阁(Nicolas Smogolenski,波兰人,公元1646年来华,1656年卒),王书则从(崇祯)历书悟人,得于精思,似为胜之。"[9]又谓:"近世历学以吴江(王)为最,识解在青州(薛)以上,惜乎不能早知其人,与之极论此事,稼堂(即潘耒)屡相期订,欲尽致王书,嘱余为之图注,以发其义类,而皆成虚约,生平之一憾事也。"[10]梅文鼎的这项愿望,虽然也有人想去尝试,例如罗士琳(1774—1853)[11],然未能如愿以偿。

二

清初,传教士汤若望(Adam Schall von Bell,日耳曼人,公元1622年来华,1666年卒)等人主持钦天监,对中国天文学大肆攻击;虽有杨光先(1597—1669)等人与之辩论[12],然皆因天文修养太差,显得软弱无力。独有王锡阐在肯定西洋方法的同时,又指出它的缺点:

第一,西历对于日月食的算法确比中法高明,但也不是完全准确。王锡阐正确地指出:"推步之难,莫过交食,新法于此特为加详,有功历学甚钜",如"以交纬定人交之浅深,以两经定食分之多寡,以实行定亏复之迟速,以升度定方位之偏近,以地度东西定加时之早晚,皆前此历家所未喻也";"然究极玄微,不能无漏,在今已见差端,将来讵可致诘",例如"戊戌仲夏朔(1658年6月1日)日食,初亏差天半分,复明先天一刻;己亥季春望(1659年5月7日)月食,带食分秒,所失尤多"[13];"癸卯七月望(1663年8月19日)月食当既(10.49)不既,丙午五月望(1666年6月17日)月当食四分之一(2.38),是夕微云掩月,总朦胧难分,而终宵候验,似无亏损"[14];"壬子二月辛卯望(1672年3月13日),食时先天二刻,食分差天七十余秒(0.70)"[15]。

第二,发生误差的原因很多,有些也非王锡阐当时所能指出。例如《新法历书》取太阳的视差为3′,实际上只有8″.8,这就不是王锡阐所能知道的。然王锡阐所指出的几点,却非常中肯。例如,他正确地指出,按小轮体系计算月球运动时,除了在定朔、定望时刻外,都应加改正数,但《新法历书》在推算日月食时不用这些改正数,好像日、月食就一定发生在定朔、定望。事实上只有月食食甚才发生在定望(今按:也不一定会),距望久者不下数刻,至于日食,不仅初亏、复圆二限不在定朔,即食甚之时,除非在黄平象限,否则皆不与定朔合[13]。

第三,西法以为月亮在近地点时,视直径大,故月食食分小;月在远地点时,视直径小,故食分大①。王指出这个论点是错误的。他说:"视径大小,仅从人目,食分大小,当据实径。太阴实径,不因高卑有殊。地影实径,实因远近损益。最卑之地影大,月入影深,食分不得反小;最高之地影小,月入影浅,食分不得反大。"[13]设地球位于离太阳的平均距离处,则可以算出:当月亮在近地点处,地球本影的直径为月球直径的2.72倍;在远地点处为2.42倍。王锡阐的论断是正确的。

---

① 参阅《古今图书集成·历法典》第61卷。

第四，《新法历书》成于众手，西士各有师承，学有新旧，托勒密、哥白尼、第谷、开普勒的数据同时采用，前后矛盾，相互抵触之处颇多，王锡阐列举了许多："月离二三均数，历指与历表不合"[14]，"日行惟一，而日躔表与五纬表差至五十五秒；月转惟一，而月离表与交日食表差至二十三分；日差惟一，而日躔与月离各具一表"[16]……这些数字的混乱，也降低了计算的精确性。

第五，汤若望推算戊戌岁四月戊辰（1658 年 5 月 3 日）、七月丙午（8 月 9 日）和十一月丁巳（12 月 18 日）水星皆先过日，又历数时，而后顺（上）合；五月己丑（6 月 7 日）水星先在日后，亦历数时而后退（下）合。这个结果更是违反了内行星的上合是星在日后，顺行而追及日；下合是星在日前，逆行而与日相遇的普通天文常识。王锡阐正确地指出："夫星在日前，顺行益远；星在日后，退行益离，安得再合？天行有渐差而无潜差，岂容一日之内，骤进骤退，曾无定率如是乎！"[17]

第六，回归年（"节岁"）的长度，从统天历（1199 年颁）、授时历（1281 年颁）和西法看来，都在逐年缩短，不知"亿万年后将渐消至尽，抑消极复长耶？"又，节岁之外，别有"星岁"（恒星年），节岁与星岁之较即岁差，西法认为恒星年不变，而回归年渐短，照理岁差常数应该逐年增大，而西法以 51 秒为岁差常数，岂非自相矛盾[18]？在这里，王锡阐问得相当深刻，当时的传教士们未必能准确回答。从近代天文学看来，岁差常数确实是在逐渐增大，不过情况很复杂，并不简单地等于回归年的缩短数，而是要小得多。

第七，从冬至起到冬至止，把一回归年的天数平分为 24 等份，这样所得到的节气叫做平气。从冬至之日太阳所在的位置起，规定太阳视行每 15°算做一个节气，这样所得到的节气，叫做定气。由于太阳视行速度的不均匀性，"日均则度有长短，度平则日有多寡"，平气和定气之间可有一二日之差。我国自大衍历（729 年颁）以来在颁行的历书中用平气，在计算日行度数和交会时刻等时用定气。这两种制度并行，并无不合理之处。传教士们却抓住这点大肆攻击，而且只攻一点不计其余，好像中国人根本不知道定气，谓"中历节气，差至二日"。王锡阐对此进行了坚决的反击，他说："二日之异，乃分（春秋分）至（冬夏至）殊科（制度不同），非不知日行之朓朒（快慢）而致误也。"[19]若真要用度数相等，那定气也只是日行经度相等，因为$\sin\delta_{\odot}=\sin\varepsilon\sin\lambda_{\odot}$，以黄经 $\lambda_{\odot}$ 求赤纬 $\delta_{\odot}$时绝非平行，二分左右黄经每变一度，赤纬变化几及其半，二至左右黄经每变一度，赤纬变化仅以秒计。故若但论时日，则平气已定，若主天度，则应兼论赤纬，而且赤纬的变化更重要，因为四时寒暑的变化是由于太阳赤纬的变化而引起的[20]。

第八，西洋分一日为 24 小时，1 小时为 60 分钟；中国当时分一日为十二辰，又分为一百刻，每刻分为一百分。西洋分圆周为 360°，中国分圆周为 $365\frac{1}{4}°$。王锡阐指出：这些都是人为的划分，并非自然界所固有，无所谓谁是谁非，也不影响到测算的精确度，西洋人在这一点上硬要说中国的不对，是一种派系斗争，是毫无道理的[19]。

王锡阐与传教士们的辩论，在有些地方也有欠当之处。例如，若用定气，则至少在二分二至时太阳的赤纬能够达到最小和最大，用平气则只能在冬至时，太阳的赤纬最大（指绝对值而言）。再如，中国古代分一日为十二辰，又分为一百刻，一百不能为十二所整除，辰与刻之间的配合很是麻烦，不如西洋分法方便。又如，分圆周为 360°比分为 $365\frac{1}{4}°$便于刻度。西法的这些优点是应该承认的，而王锡阐没有承认。

三

但是，王锡阐不是一位守旧学者，他对授时—大统历的批评也很严厉。他说："（郭）守敬治

历，首创测日，余取其表影反复布算，发现其自相抵牾者不止一事，余所创改，多非密率，在当日已有失食失推之咎。况乎遗籍散亡，法意无征，兼之年远数盈，违天渐远，安可因循不变耶？"[19]那么该怎么办呢？他认为徐光启的道路是正确的，即先翻译西法，然后与中法比较研究，最后再定出一套新的方法。可惜徐光启死后，"继其事者仅能终翻译之绪，未遑及会通之法，至矜其师说，齮龁异己，廷议纷纷"[21]。而他自己呢？又不愿与清廷合作，出来参与此事，于是就自己一个人在家里来会通中西之术，著《晓庵新法》六卷。

第一卷讲天文计算中所需要的基础数学知识，主要为以割圆之法求三角函数。在这里值得注意的一点是，王锡阐提出了把圆周分为384等份，叫做爻限。这个分法比西洋360°的分法以及我国$365\frac{1}{4}$°的分法都有优越之处，它的$\frac{1}{4}$等于96爻，96爻的三等份为32爻，而$32=2^5$，即可以平分下去，一直到1爻为止，这对刻度的精确度大有好处。

第二卷以崇祯元年(1628)为历元，以南京为里差之元(即经纬度的起点)，列出了一系列基本天文数据，如：

$$\begin{cases}\text{岁周(回归年)}=365.242\,186\,06\text{ 日}\\ \text{周天(恒星年)}=365.256\,559\,32\text{ 日}\\ \text{历周(近点年)}=365.254\,868\,08\text{ 日}\end{cases}$$

$$\text{黄经岁差 }\psi=0°.014\,373\,26/\text{年}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{内外准分}(\sin\varepsilon)=0.399\,149\\ \text{内外次准}(\cos\varepsilon)=0.916\,886\end{matrix}\right\}\rightarrow\text{黄赤交角 }\varepsilon=23°31'30''$$

$$\begin{cases}\text{月周(朔望月)}=29.530\,591\,97\text{ 日}\\ \text{转周(近点月)}=27.554\,613\,77\text{ 日}\\ \text{交周(交点月)}=27.212\,222\,03\text{ 日}\end{cases}$$

在这里王锡阐曾经注意到刻(h)余之分(m)秒(s)与度余之分(′)秒(″)在中文易于相混，建议把m叫做息，s叫做瞬。这一点我们现在也还值得考虑采纳。

第三卷用中西法结合求朔、弦、望和节气发生的时刻，以及日、月、五星的位置。在求定朔、弦、望时用前泛时和后泛时两均数之较为比例，这比西法用两个子夜0时的实行度更为准确。

第四卷讨论昼夜长短、晨昏蒙影、月亮和内行星的盈亏现象以及行星和月亮的视直径等，所用的方法有许多已和现在球面天文学中的完全一样，只是没有用公式表示出来。例如求月亮的视直径d的方法，实际上即用下列关系式：

$$\sin d=\frac{\sin\pi}{\sin\pi_0}\sin d_0 \tag{1}$$

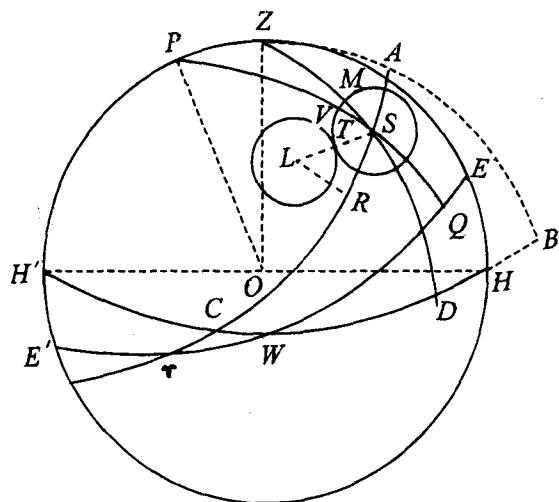
其中π和π_0为月之赤道地平视差和平均赤道地平视差，d_0为月在平均距离处之视直径。王锡阐把$\frac{\sin\pi}{\sin\pi_0}$叫做远近定分，他在第二卷中给出$\sin d_0=0.009\,307$，叫做视径中准。

对于晨昏蒙影，他也取太阳到地平线下18°时为晨光始和昏影终，他把时角t叫做距中度，而

$$\cos t=\frac{\cos 108°-\sin\phi\sin\delta_\odot}{\cos\phi\cos\delta_\odot}=\frac{-0.309\,017-\sin\phi\sin\delta_\odot}{\cos\phi\cos\delta_\odot} \tag{2}$$

其中0.309 017叫做昏明准分，也作为一个常数列在第二卷里了。

第五卷讨论气差(大概即我们今天说的时差)和视差，并讨论月体的光魄定向(即日心和月心连线的方向)。这个月体光魄定向的算法和第六卷里计算日、月食亏、复方位的算法是一样的，它为王氏所首创，并为以后清朝的《历象考成》(1722)所采用，现介绍如下：

在右图中，O 为地心，L 为月心，S 为日心，Υ 为春分点，$H'WH$ 为地平圈，$E'\Upsilon E$ 为赤道，ΥCMA 为黄道，P 为北极，Z 为天顶，ZAB 为平分地平线上黄道半圆的地平经圈，它与黄道的交点 A 叫做“黄道中限”。从北极 P 过日心 S 向赤道 $E'\Upsilon E$ 作垂圈 PSQ，则 $\Upsilon Q=\alpha_{\odot}$，为太阳之赤经。从天顶 Z 过日心 S 向地平圈 $H'WH$ 作垂圈 ZSD，则 SD 为太阳的地平高度。又 $\Upsilon S=\lambda_{\odot}$，为太阳的黄经；$LR=\beta_{☾}$，为月亮的黄纬；$ST=\Upsilon_{\odot}$，为太阳的视半径；$LT=\Upsilon_{☾}$，为月亮的视半径。现在要求的是日食初亏方位角 VST，角度的量度是从日面北点 V 起向西为正。

第一步，求初亏时刻的恒星时 θ，$\theta=t+\alpha_{\odot}$。

第二步，利用 rt $\triangle ME\Upsilon$ 求与 θ 相应的黄经 $\overset{\frown}{\Upsilon M}$（“午位黄道度”）和“午位黄道高” $\overset{\frown}{MH}$：

$$\begin{cases}\tan \overset{\frown}{\Upsilon M}=\tan\theta\sec\varepsilon & (3)\\ \tan \overset{\frown}{ME}=\sin\theta\tan\varepsilon & (4)\\ \cos \measuredangle M=\cos\theta\sin\varepsilon & (5)\\ \overset{\frown}{ME}+(90^\circ-\phi)=90^\circ-(\phi-\overset{\frown}{ME})=\overset{\frown}{MH}=\text{午位黄道高} & (6)\end{cases}$$

第三步，利用 rt $\triangle MHC$，求“黄道中限高” $\overset{\frown}{AB}$，即 $\measuredangle C$，和“黄道中限度” $\overset{\frown}{\Upsilon A}$：

$$\begin{cases}\cos \measuredangle C=\sin \measuredangle M\cos \overset{\frown}{MH} & (7)\\ \tan \overset{\frown}{CM}=\dfrac{\tan \overset{\frown}{MH}}{\cos \measuredangle M} & (8)\\ \overset{\frown}{\Upsilon A}=\overset{\frown}{\Upsilon M}+\overset{\frown}{MA}=\overset{\frown}{\Upsilon M}+(90^\circ-\overset{\frown}{CM}) & (9)\\ \overset{\frown}{SA}=\overset{\frown}{\Upsilon A}-\lambda_{\odot} & (10)\end{cases}$$

第四步，利用 rt $\triangle SDC$ 求黄道高度 $\overset{\frown}{SD}$ 和“黄道高度交分” $\measuredangle CSD$：

$$\begin{cases}\sin \overset{\frown}{SD}=\sin(90^\circ-\overset{\frown}{SA})\sin \measuredangle C=\cos \overset{\frown}{SA}\sin \measuredangle C & (11)\\ \sin \measuredangle CSD=\cos \measuredangle C/\cos \overset{\frown}{SD} & (12)\end{cases}$$

第五步，利用 $\triangle SZM$ 求 $\measuredangle SZM$：

$$\begin{cases}\cos \measuredangle SZM=\dfrac{\cos(\overset{\frown}{\Upsilon M}-\lambda_{\odot})-\sin \overset{\frown}{SD}\sin \overset{\frown}{MH}}{\cos \overset{\frown}{SD}\cos \overset{\frown}{MH}} & (13)\\ 180^\circ-\measuredangle SZM=\text{泛向} & (14)① \\ \text{泛向}-\measuredangle CSD=\text{次向} & (15)\end{cases}$$

---

① 按这(13)和(14)式是错误的。在这里不应该用 $\triangle SZM$ 求 $\measuredangle SZM$，而是应该用 $\triangle PSZ$ 求 $\angle PSZ$，$180^\circ-\measuredangle PZS=\measuredangle PSD$ 为泛向，即通过日面中心 S 的赤经和高弧的交角。

第六步，利用 rt $\triangle LRS$ 求差较分 $\measuredangle LSR$：

$$\sin \measuredangle LSR = \frac{\sin \widehat{LR}}{\sin \widehat{LS}} = \frac{\sin \beta_{☾}}{\sin(\Upsilon_{\odot} + \Upsilon_{☾})} \tag{16}$$

$$次向 - \measuredangle LSR = 定向，即\angle VST \tag{17}$$

第六卷讨论日月食计算，为全书的目的所在，除对初亏和复圆的方位角的计算有所创见，已如上述外，又在求交食各限的时刻时，加上了月亮次均的改正数，纠正了崇祯历书的错误。

在第六卷中除有日、月食计算方法以外，还有金星凌日和五星凌犯的计算法。这些方法的叙述在中国书中还是第一次，其计算方法和计算日月食完全一样，只有个别细节不同，这里不再详述。

现在要讨论的是王锡阐是不是预告了崇祯四年十一月十四日(1631 年 12 月 6 日)的金星凌日。作者的回答是：没有。理由有三：(1) 1631 年王锡阐才三岁，肯定不会计算凌日；(2)《晓庵新法》根据作者的序言，成书于“昭阳单阏菊花开日”，即 1663 年秋，亦在此后 32 年；(3) 书中也只是泛泛叙述，并未计算任何一次凌日现象。认为王锡阐是世界上第一个计算金星凌日的人是朱文鑫，由于他在《历法通志》(第 235 页)和《天文学小史》(下编第 156 页)中的叙述，这个错误一直流传到今天，应该予以纠正。

那么，王锡阐又是怎样想到计算金星凌日呢？这可能是受了阳玛诺(Emmanuel Diaz，葡萄牙人)的《天问略》(1615 年出版)和罗雅谷(Giacomo Rho，意大利人)《五纬历指》(1634 年出版)的影响。《天问略》中有这样一段话：“问：日食若因月天在日天之下，则水星、金星天亦在日天之下，而不见掩其光，何也？曰：水星、金星虽正过日轮之下而有与日同度时，然金星大于水星，而日大于金星一百倍，二星之体比日体甚小，岂能掩其光而使人不见日也。吾国历家遇金、水二星与日同度，恒见日轮中有黑点，以星体不能全掩日体故也。”《五纬历指》卷一中亦有相似的一段：“问：金、水二星既在日下，何不能食日？曰：太阳之光大于金、水之光甚远，其在日体不过一点，是岂目力所及。如用远镜如法映照，乃得见之。”

另一方面，从王锡阐的著作中也可看出他是受了这些著作的影响。他在《晓庵新法》第六卷中说：“太白体全入日内，为日中黑子。太白食日不成黑子者，日光盛大，人目难见，今姑具其理。辰星以退(下)合定时，求晨昏定径，得数甚微，虽入日体，人目难见，如欲定之，悉依太白食日诸法。”用“黑子”一词和《天问略》中一样。再者，他在《五星行度解》中说：“日中常有黑子，未详其故，因疑水星本天之内，尚有多星。星各有本天，层叠包裹，近日而止。但诸星天周愈小，去日愈近，故常伏不见，惟退合时，星在日下，星体着日中如黑子耳。与日食同理，但月视径大，故能食日，星视径小，只成黑子。”这与《五纬历指》中所说的“太阳四周有多小星，用远镜隐映受之，每见黑子”，其理论也是一样的。

虽然如此，但是西洋传教士毕竟没有说出内行星凌日的计算方法，既没有介绍预告 1631 年和 1639 年金星凌日的《卢多耳福星行表》(Rudolphine Table，Kepler 著，1627 年出版，北堂藏书号 1902)①，也没有介绍预告 1639 年金星凌日的《Tabulae coelestium motuum perpetuae》(Lansberg 著，1632 年出版，北堂藏书号 1964)。在这种情况下，王锡阐独立地提出了一个方法，虽说不是世界第一，但也是难能可贵的。

---

① 这本书于 1646 年即到穆尼阁手中，但他后来只向薛凤祚介绍了其中的对数知识[22—23]。

四

由于地球的自转看来好像天体都在东升西落，每日绕地一周；由于地球的公转，看来好像太阳每天在众星间移动一度；由于月亮围绕地球的运动，看来月亮每天在天空移动十三度多。为了解释这三种运动，我国在很早就出现了两种不同的学说：一派主张日月星都是环绕着大地由东向西移动，恒星的速度最快，太阳其次，月亮又其次，即所谓左旋说；一派主张恒星由东向西（左旋），而日、月由西向东（右旋），即所谓右旋说。前一种学说的文字记载最早见于刘向《五纪论》中所引“夏历”的主张[24]；后一种学说的文字记载，最早见于《晋书·天文志》所引周髀家说。自汉以来，在宋以前，右旋说占绝对的优势，左旋说除了刘向提过以外，其他的文献中很难找到。到了宋代，情况发生了变化，理学家朱熹（1130—1200）、蔡沈（1167—1230）等都大事提倡左旋说[25]。由于朱熹哲学思想对于后来的影响很大，左旋说也得到了发展，许多哲学家都承认它。但天文家仍坚持右旋说。故王锡阐说：“至宋而历分两途，有儒家之历，有历家之历。儒者不知历数，而援虚理以立说；术士不知历理，而为定法以验天。”[19]在这里，王锡阐批判那些哲学家，不懂历法计算而空谈天体运行理论，即没有实践的理论，是空洞的理论；另一方面，历法家们又不探讨天体运行理论，以致“天经地纬，缠离违合之原，概未有得”[19]①。

王锡阐是理论与实践相结合的一位平民天文学家。他除了致力于历法的改进以外，对于天体的运行理论也十分注意。他的《日月左右旋问答》虽然“乃门人所记，未及删润为文”[26]，但仍不愧为一篇讨论左旋、右旋论的好文章。通过三个人（王锡阐、王锡伦和沈令望）的对话，一步比一步深入地申明了右旋论的正确性。在讨论中，锡阐和令望是右旋论者，锡伦是左旋论者，但为了把问题说得透彻，锡阐有时候也站在左旋论的立场说话。例如，令望举出日食总是由西边缘开始，月食总是由东边缘开始，来证明日月都是由西向东运行（右旋），王锡阐就说：“先儒又言日迟于天而疾于月，闇虚（地影）在日之冲，迟疾与日正等。日（由东往西）行逐及于月，故初亏于西。闇虚逐及于月而侵月，故初亏于东。日西行而过月，故复明于东。闇虚离月而西去，故复明于西。是犹月行越星与星行越月之见耳，未足为右旋之左证也”。

在《日月左右旋问答》中，王锡阐共列举了以下几点理由证明太阳确是沿黄道向右移动和月亮也是沿白道向右移动：

(1) 用大统历推算月亮纬度，所得误差很大，并非由于右旋论之错，而在于当时人们不知道黄、白二道各有南北二极，这极又各有变化，像黄赤交角的变化、月亮轨道近地点的移动和二均差等，都没有考虑。

(2) 日、月运动速度的不均匀，同是由于离地远近的不同，离地远则运行得慢，离地近则运行得快，故极快极慢必须在一个周期内变化。按照右旋论，太阳一岁一周，月亮一转（近点月）一周；按照左旋论，则皆为一日一周。一日之内，太阳和月亮的运动速度不呈周期变化，可见左旋说是错误的。

(3) 日行黄道，而黄道与赤道斜交，若每天左旋一周，则太阳冬天将出于东南而没于西北，夏天出于东北而没于西南，这与事实相违，不能成立，故太阳每天只能沿黄道右移一度。

---

① 近代的朱文鑫把这段话作了错误的理解，以为是“宋代太史局中，有儒家之历，有历家之历，儒者侈谈玄理，术士拘泥成数，不免有门户之见，起纷争之端，嗣世缵绪，必更历纪，较诸唐代，尤为频数”（《历法通志》第23、第172页）。陈遵妫先生在《中国古代天文学简史》（第47页）中也沿袭了这一错误。

(4) 置黄赤二道，用球面三角学，以太阳每日右行黄道经度求其赤纬变化，所得结果，丝毫不差。

(5) 天体浑圆，从南北二极作垂直于赤道的大圆，形如割瓜，远赤道则度分狭，近赤道则度分广。黄道交于赤道，度无广狭，而以斜直为广狭。冬夏距远势直，由黄道经度求赤道经度需加约十分之一，春秋距近势斜，由黄道经度求赤道经度需减约十分之一。故即令太阳在黄道上做匀速运动，一年里面真太阳日的长短也有四次变化，这与观测事实符合。若谓太阳每日即行黄道一周，这个现象也无法解释了。

至于行星的运动，情况则比较复杂，看起来有顺行、有逆行，有快、有慢，有留。为了解释这些现象，王锡阐采用了《五纬历指》中所介绍的新图，即第谷体系："地球居中心，其心为日、月、恒星三天之心。又以日为心，作两小圈为金星、水星两天。又一大圈稍截太阳之圈，为火星天。其外又作两大圈为木星之天、土星之天。"《五纬历指》中虽然介绍了这一"新"说，但也同时采用了托勒密旧说，加以崇祯历书非出于一人之手，分析不清，前后矛盾。王锡阐则抛弃了崇祯历书中的混乱现象，只利用它的新图，来建立学说。在《五星行度解》中，他主张五星皆绕日而行，同时又为日天所掣而东。土、木、火三星在自己的轨道上左旋，金、水二星在自己的轨道上右旋，各有自己的平均行度。太阳在自己的轨道上环绕地球运行，这轨道在恒星天上的投影即黄道。从这一理论出发，他推导出下列一组公式：

$$\tan\phi=\frac{r\sin\theta}{1\pm r\cos\theta} \qquad (18)^{①}$$

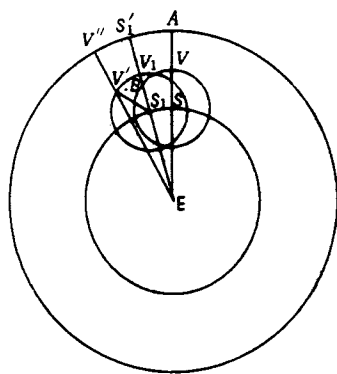
$$\omega=\lambda\pm\phi \qquad (19)$$

$$\omega=\phi-\lambda \qquad (20)$$

其中 ϕ 为从地球上所看之行星离日度数，r 为以日地距离为单位的行星轨道半径，θ 为行星在自己轨道上距冲合时的度数，即每日行星轨道平均角速度和地球轨道平均速度之差乘以天数，ω 为从地球上所看之行星在天空沿黄经方向所运行的度数，λ 为太阳运行的度数。在(18)式中，当上合时取"+"号，下合或冲时取"−"号。但在外行星的场合，$r\cos\theta$ 常大于 1，所得的 ϕ 常为负值，故外行星冲日后的离日度数为 $180^\circ-\phi$。求出 ϕ 以后，在上合以后的场合，代入(19)式；若系下合或冲以后，则代入(20)式，即可得到视行度。

除了计算位置以外，在《五星行度解》中还讨论了日月离地和五星离日有远近变化的缘故。他说："历周最高卑之原，盖因宗动天(借西历名)总掣诸曜为斡旋之主，其气与七政相摄，如磁之于针，某星至某处，则向之而升，离某处，则达之而降。"这已经是讨论引力的先声，而在时间

---

① 以金星上合为例，按照王锡阐的想法，推导(18)式如下：在右图中 E 为地球，$\odot AS'_1V''$ 为黄道。设金星顺(上)合日 S 于 V 处，投影在黄道为 A 点，$\overline{AVSE}$ 为原界，经过时间 t 后，太阳行至 S_1 处，此时原界亦移至 $\overline{S'_1V_1S_1E}$，故以 S_1 为中心，SV 为半径作圆，交 ES'_1 于 V_1，V_1 即金星的原点，但此时金星已右旋 $\angle V_1S_1V'=\theta$ 角而至 V' 处。联 EV' 并延长之交黄道于 V'' 处，求 $\angle S'_1EV''=\phi$ 角。自 V' 向 $\overline{ES'_1}$ 作垂线 $V'B$，则在 $\triangle V'BS_1$ 内，$S_1B=S_1V'\cos\theta=r\cos\theta$，$V'B=r\sin\theta$；在 $\triangle V'BE$ 内，$\tan\phi=\frac{V'B}{EB}=\frac{V'B}{ES_1+S_1B}$，但 $ES_1=ES=$ 日地距离 $=1$，所以 $\tan\phi=\frac{r\sin\theta}{1+r\cos\theta}$。

上和牛顿同时。在欧洲,在牛顿以前,开普勒在其《哥白尼天文学概要》(Epitome Astronomiae Copernicanae,三卷,1618—1621 出版)也提出过相似的理论,企图用磁力来解释行星(包括地球)绕日在椭圆形轨道上运行的原因。当然,王锡阐的工作不能与开普勒和牛顿的工作相比,但这一落后情况,不应由王锡阐负责,而要责怪传教士,他们囊中携有哥白尼的《天体运行论》(北堂藏书号 1385)、伽利略的《两个体系对话集》(北堂藏书号 1656)和开普勒的《哥白尼天文学概要》(北堂藏书号 1897),但就是秘而不传。同时也应指出:王锡阐采用第谷体系而抛弃托勒密体系,正说明了中国的先进知识分子们对于新学说的欢迎。所谓传教士不传哥白尼学说是害怕中国人反对的说法是不能成立的[27-28]。

五

王锡阐在天文学上能有这样深的造诣是与他的唯物主义思想和严谨治学精神分不开的。他反对王阳明(1472—1528)的主观唯心主义,力倡"修己教人,皆以居敬穷理,躬行实践为主。"[29]他坚决反对把天文学和占星术联系在一起。当乡里有人以水旱之占问他时,他说:关于此事,我肚里漆黑一团,一无所知[30]。但当有人问他天文知识时,则手画口谈,滔滔不绝[31]。他对许多天文家的迷信行为进行了谴责:"步食或不尽验,食时或失辰刻,则其为术或者可商求,苟能虚衷殚思,未必不复更胜,奈何一行、守敬之徒,乃有惟德动天之谀,日度失行之解,使近世畴人草泽,咸以二语蔀其明、域其进耶!"他又说:"每见天文家言日月乱行,当有何事应,五星违次,当主何征,余窃笑之,此皆推步之舛,而即傅以征应,则殃庆祯异,惟历师之所为矣。"[32]

与王锡阐这种态度相反,西洋的传教士们则大肆宣传星占学。穆尼阁的《天步真原》开头第一句就是:"历数所以统天,而人之命与运亦天也。故言天而不及人,则理不备;言人而不本于天,则术不真。"这本书大肆宣扬迷信,而近代的某些西方学者却置这些事实于一旁,强说中国天文学主要是占星术,只是西方传教士来了以后才把它变成科学[28],这真是离开事实太远了!

王锡阐非常注意观测工作。他从青年时代起,每逢晴朗的夜晚,就爬上屋顶观测天象,直到天明。他说:"人明于理而不习于测,犹未之明也;器精于制而不善于用,犹未之精也。"他的观测经验是:"人习矣,器精矣,一器而使两人测之,所见必殊,则其心目不能一也。一人而用两器测之,所见必殊,则其工巧不能齐也。心目一矣,工巧齐矣,而所见犹殊,则以所测之时,瞬息必有迟早也。"[33]这真是经验之谈,不是行家是不能知道的。

他注重观测,但又不局限于观测。观测是为了检验理论和改正理论。他在计算 1681 年 9 月 12 日的日食时曾说:"每遇交会,必以所步所测,课校疏密,疾病寒暑无间,于兹三十年所。(今)年齿渐迈,气血早衰,聪明不及于前时,而黾黾孳孳,几有一得,不自知其智力之不逮也。"[30]这几句话鲜明地刻画出了一个学者的严肃态度和老当益壮的精神。1681 年是他去世的前一年,他已经疾病缠绵,然仍能如此坚持工作,足证他平时对自己是如何严格要求,处理问题用多么严密的方法。许多人往往认为观测工作很简单,王锡阐则认为:"虽谓之易也可,然语其大概,而余之课食分也,较疏密于半分之内,半刻半分之差,要非躁率之人、粗疏之器所可得也。"[33]当他发现观测结果与计算所得不一致时,一定要找出原因,而一致时,犹恐有偶合之缘。他的经验是:"测愈久则数愈密,思愈精则理愈出。"[16]

王锡阐十分谦虚,他曾对自己的工作评价说:"人智浅末,学之愈久,而愈知其不及;人之弥

深，而弥知其难穷。纵使确能度越前人，犹不足以言知天也。况乎智出前人之下，因前人之法而附益者乎。"[33]他在《晓庵新法·序》里说："以吾法为标的而弹射，则吾学明矣。"不把自己的创见当做真理的终结而强加于人，只当做寻求真理的尝试而请大家讨论，这种科学态度是永远值得我们学习的。

时间过去280年了，王锡阐的天文工作只有历史意义了，但是他的这种谦虚态度和严谨治学精神，却是我们每一个科学工作者所应具有的，我们应该继承它，并且予以新的发扬。

（本文曾在中国天文学会1962年年会上宣读）

参 考 文 献

[1] 王济：《王晓庵先生墓志》，见《松陵文录》卷十六。
[2] 王藻，钱林：《文献征存录》，卷三。
[3] 阮元：《畴人传》，卷三十四、三十五。
[4] 顾炎武：《太原寄高士王锡阐》，见《亭林诗集》卷四。
[5] 潘耒：《晓庵遗书序》，见《遂初堂集》卷六。
[6] 吕留良：《次韵酬王寅旭》，见《真腊凝寒集》。
[7] 康熙二十四年修《吴江县志》，卷十三。
[8] 顾炎武：《广师说》，见《亭林文集》卷六。
[9] 梅文鼎：《锡山友人历算书跋》，见《绩学堂文钞》卷五。
[10] 梅文鼎：《王寅旭书补注》，见《勿庵历算书目》。
[11] 董恩绶：《大统历法启蒙及补遗序》(北京大学图书馆藏抄本)。
[12] 杨光先：《不得已集》。
[13] 王锡阐：《历说》第四。
[14] 王锡阐：《贻青州薛仪甫书》。
[15] 王锡阐：《答四明万充宗》。
[16] 王锡阐：《历策》。
[17] 王锡阐：《历说》第五。
[18] 王锡阐：《历说》第二。
[19] 王锡阐：《晓庵新法序》。
[20] 王锡阐：《历说》第三。
[21] 王锡阐：《历说》第一。
[22] B. Szczesniak. Notes on Kepler's Tabulae Rudolphinae in the Library of the Pei-Thang. Isis, 1949 (40): 344
[23] 李俨. 明清之际西算输入中国年表. 中算史论丛：第三集. 科学出版社，1955.
[24] 沈约：《宋书》，卷23，天文志。
[25] 参阅《古今图书集成·乾象典》，卷5。
[26] 王锡阐：《答朱长孺书》。
[27] Alfons Väth. 汤若望传.（杨丙辰译）. 商务印书馆，1949. 149页.
[28] B. Szczesniak. Notes on the Penetration of the Copernican Theory into China from the 17th to the 19th centuries. Journal of the Royal Asiatic Society, 1945. 30.
[29] 张履祥：《杨园先生全集》，周镐序和卷34。
[30] 钮琇(觚賸)：《天同一生传》，见《王晓阁先生遗书补编》(北京大学图书馆藏抄本)。
[31] 《松陵文献》：《隐逸传》。
[32] 王锡阐：《推步交朔序》。
[33] 王锡阐：《测日小记序》。

〔原刊《科学史集刊》，第6期，1963〕

朱熹的天体演化思想

在《朱子全书》第49卷中有这样几段话：

朱熹对镜写真像

（选自张立文著《朱熹思想研究》，中国社会科学出版社1981年9月版）

天地初间，只是阴阳之气。这一个气运行，磨来磨去，磨得急了，便桵许多渣滓；里面无处出，便结成个地在中央。气之清者便为天，为日、月、星辰，只在外常周环运转。地便只在中央不动，不是在下。

天运不息，昼夜辊转，故地榷在中间。使天有一息之停，则地须陷下；惟天运转之急，故凝结得许多渣滓在中间。所以道轻者为天，重浊者为地。

天地始初，混沌未分时，想只有水、火二者。水之滓脚便成地。今登高而望，群山皆为波浪之状，便是水泛如此，只不知甚么时凝了。初间极软，后来方凝得硬。问：想得如潮水涌起沙相似？曰：然。水之极浊便成地，火之极清便成风、霆、雷、电、日、星之属。

朱熹（1130—1200）的这些思想有他的继承性。他继承了我国自汉代以来关于天体起源的学说。早在《淮南子·天文训》中就有一种思想，认为：天地形成以前，是一团混沌状态的气体。气有轻重，轻清者上升而为天，重浊者凝结而为地，天先成而地后定。天地的精气合而为阴阳，阳气积久生火，火的精气变成太阳。阴气积久生水，水的精气变成月亮。太阳和月亮过剩的精气变成星星。

但是朱熹的这个假说，较前人有它进步的地方。第一，他明确地肯定天地的原始是阴阳之气，更具体地说是水和火，不像前人那样认为是原始混沌，不可捉摸。第二，他不仅考虑到天体的起源，而且还考虑到地面上山脉的起源，这样联系到地质变迁的天体演化学，在朱熹以前也是没有过的。第三，最难能可贵的是这个学说的力学性，他应用了日常可以观察到的离心力现

象来说明天体的起源。他认为天体的产生是一团原始的气体尘埃物质旋转运动的结果。由于迅速地旋转，轻的跑到外面去了，形成日、月、星；重的留在中央，凝聚成地。

如果我们把朱熹的这个学说和德国哲学家康德于1775年提出的星云假说相对比，就会发现其总的思想是十分相似的，只不过朱熹比康德早600年，受当时科学水平的限制，前者只能是洞察，而不能是科学的论证。有些历史学家不是历史主义地分析问题，不对具体事物进行具体分析，认为朱熹既是唯心主义者，就不可能有任何成就，武断地说："朱熹想出的这一理论只是传统的'清气成天，浊气成地'一说的继续，它和恩格斯肯定为形而上学的自然观打开第一个缺口的康德－拉普拉斯星云假说毫无共同之点。"

我们同意，朱熹是一个唯心主义者。但是，在这个具体问题上，他却是唯物主义的，他是利用自然界的本身来说明自然界的发展和变化的。列宁说过："客观的（尤其是绝对的）唯心主义转弯抹角地（而且还翻筋斗式地）紧密地接近了唯物主义，甚至部分地变成了唯物主义。"（见《哲学笔记》，第283页）我们必须注意这一点。

当然，我们在肯定朱熹的学说较前人的有很大进步的同时，也不能不指出它的错误。第一，他认为这团原始物质由于迅速旋转，轻的跑到外面去了，形成日、月、星，重的留在中央，便结成地。这与他同时又认定的"地只在中央不动"是自相矛盾的。为什么一个迅速旋转的东西能自己停止了运动呢？它的动量矩哪里去了？第二，日常观察到的离心力现象，并不能应用到质量大的原始气体尘埃物质上，因为对于质量较大的物体，离心力增大时，引力也增大，互相抵消。现在我们知道，一团弥漫物质主要是由于速度的不同而逐渐区分开来，速度小的留在中间，速度大的跑到外部去。

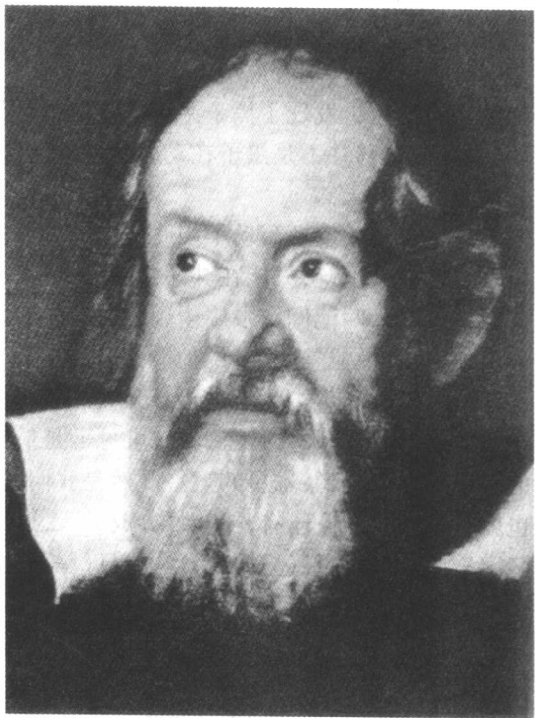
不过，这两点错误，在当时的历史条件下是不可避免的，我们不能责备朱熹。需要谈的是朱熹在这个问题上的另一唯心主义论点。战国时的屈原（约前343—前290）在他的《天问》里，一开头就提出了一系列关于天体演化的问题。唐代的柳宗元（773—819）曾经对这些问题给以唯物主义的回答，尽管他的回答有缺点。而朱熹则与柳宗元相反，给了一个彻底唯心主义的答案。他说：

> 开辟之初，其事虽不可知，其理则具于吾心，固可反求而默识，非如传记杂书谬妄之说，必诞者而后传，如柳子之所讥也。（见《楚辞集注》）

按照朱熹的这个说法，关于天体演化的问题，只要向内心反求就可以认识了，根本用不着去研究，这是十足的唯心主义观点。由此可见，我们对于古代的东西，必须进行具体分析，分别对待，批判地继承。不仅在大的方面应该如此，就是对一个小的问题也应该如此。

〔原刊1963年8月9日《光明日报》〕

纪念伽利略诞辰 400 周年

今年是近代科学的奠基者之一——卓越的物理学家和天文学家伽利略诞辰 400 周年。伽利略于 1564 年 2 月 15 日生在意大利比萨城一个没落的贵族家里。17 岁时他父亲送他到比萨大学学医，但是他并不愿意做医生。他在大学时以对数学和物理实验的擅长，以及善于和教师辩论而著名。他的关于摆的等时性的发现，就是在这一时期完成的。这三大特点便是他后来一生事业的引路线。因为经济困难，伽利略于 1585 年没有得到学位便离开大学，回家住了 4 年，专心研究古代希腊人的科学著作，发明了用以测定合金成分的流体静力学天秤，写出了一篇《关于固体重心》的论文。这些成就引起了全国学术界的注意，人们称他为“当代的阿基米德”，母校比萨大学也因此而请他担任数学教授，这时伽利略只有 25 岁。从此以后他的生活主要可以分为三个时期：在比萨大学任教 3 年（1589—1591）；在帕多瓦大学任教 18 年（1592—1610）；自 1610 年起至 1642 年去世为止，充当托斯卡那地区大公爵所供养的哲学数学研究教授，中间曾去罗马受审，被拘禁在那里。他的力学工作主要完成于前两个时期。他在天文学上的发现和对哥白尼理论的维护则完成于第三时期。1633 年被宗教法庭定罪以后，又回到早年的力学研究上，而终其一生[1]。

伽利略（1564—1642）
（选自《中国大百科全书·天文学》）

一　打开通向宇宙的天窗

如果有人要问：自 1543 年哥白尼的《天体运行论》出版到 1687 年牛顿的《自然哲学的数学原理》出版，在这期间在天文学上最有意义的是那一年？可以说是 1610 年。这一年在布拉格出版了开普勒（1571—1630）的《新天文学》，其中包含他发现的行星运行的头两个定律；在威尼斯出版了伽利略的《星际使者》，其中叙述了他把望远镜指向天空以后所得到的新发现。这两本书殊途同归，它们用不同的方法为哥白尼的日心地动说提供了证据[2]。

望远镜虽然不是伽利略发明的，但是他首先找出望远镜的原理，将它的倍数放大，并且对

向太阳和夜晚的星空。1609年5月当他听到荷兰有人把两个透镜片配合在一起能把远距离的物体看清楚的消息以后，他就集中精力探索其中的道理，并且根据自己研究出来的原理，很快地制出了第一架天文望远镜，并且不断改进；他终于成为当时欧洲最好的光学家和光学仪器制造家[3]。

伽利略利用他亲手制造的望远镜，打开了人类通向宇宙的第一个天窗，揭开了天体的许多秘密，使长期以来占统治地位的“上天世界”说遭到进一步的破产。他发现我们所见恒星的数目是随着望远镜的倍数的增大而增加的，银河是由无数的单个恒星组成的。他发现了月面上凹凸不平的现象：有的地方是平原千里，有的地方是高山耸峙。他又发现金星和月亮一样，有圆缺的变化。他还发现在木星的周围有四个小星(卫星)绕着它旋转，如同月亮绕着地球旋转一样[4]。他还发现太阳上有黑子[5]。太阳黑子的记载在我国有悠久的历史，但我国古书上只是一种观测纪录，没有说明黑子的成因和在太阳上的变动情形。在欧洲还有些与伽利略同时代的天文学家也发现了黑子并讲了些道理，但都没有伽利略正确。他认为黑子是日面上的东西，黑子的位移并不是黑子在动，而是由于太阳在自转，并且得出太阳的自转周期为28天(实际上是27.35天)。

这一系列的发现轰动了当时的欧洲。但是，“历史上新的正确的东西，在开始的时候常常得不到多数人承认，只能在斗争中曲折地发展”[6]。当伽利略一再邀请亚里士多德学派的那些教授、学者，叫他们亲眼用望远镜看看月面上的山脉和木星的卫星时，他们不但拒绝看，反而诬蔑伽利略，说他是骗子，说他看天用的望远镜是“魔鬼的发明”。佛罗伦萨的天文学家西塞(Sizzi)竟然这样说：“人有七窍，天有七政(日、月、水星、金星、火星、木星、土星)，金有七种(金、银、铜、铁、锡、铅、汞)，虹有七彩，可见七是最完美的系统。行星只能有七个，哪里能有个木星的卫星存在？再者，木星的卫星既然是我们的肉眼看不见的，对于地球也没有任何影响，因此，也就是不存在的。还有，一礼拜分成七天，这里又有个七，那还不说，每一天又都用一个行星的名字来叫，如日曜日(星期日)、月曜日(星期一)等。假如像伽利略那样，要增加行星的数目，那么这个完美的系统岂不垮台了吗？况且，亚里士多德的书上从来就没有讲过这些东西，并且又是和亚氏所说的完全相反。再如月面上有山，日面上有斑，这全是假的，因为亚里士多德说：天体是最完美的东西。”[7]无怪乎伽利略在1610年8月19日给开普勒的信中气愤地说：“对于这些人来说，真理用不着到自然界中去寻找，而是从比较古人著作中得到。”[8]

二　为真理而斗争

伽利略从观察天象中逐渐积累了很多事实，使他成为哥白尼学说的坚决支持者、捍卫者和宣传者。他在《星际使者》[4]和《关于太阳黑子的通讯》[5]中，都力主哥白尼的日心地动说。由于伽利略的文笔生动，词锋犀利，理由正确，使得哥白尼学说的拥护者越来越多。害怕真理的宗教法庭终于在1616年3月5日采取了断然手段，决定把“广泛传播着、并且得到很多人承认的”哥白尼的著作列为禁书，并且警告伽利略必须放弃哥白尼学说，不得为它辩护，否则将受监禁处分。

大家知道，罗马教皇在13世纪建立起来的宗教法庭，在镇压异端的名义下，残酷地迫害进步人士，数以万计。1600年宗教法庭把宣传哥白尼学说的布鲁诺用火烧死在罗马的百花广场上的时候，伽利略正在帕多瓦大学教书，他对这件事当然会有深刻的印象。但是，作为一个科学家，又不能在强权面前背弃真理。于是在法庭判决以后，他用了很长的时间写了一部大书：

《关于(托勒密和哥白尼)两种宇宙体系的对话》[9]。书中有三个人对两种宇宙体系作了四天的谈话,双方陈述理由,就物体堕落究竟是到达宇宙的固定中心,还是到达运动着的地球中心,地球的自转、地球的公转和海水的潮汐现象等进行辩论。

在这部巨著中,通过三人辩论的形式,伽利略充分地发挥了有利于哥白尼学说和不利于托勒密学说的论据,并且在字里行间对守旧派进行了尽情的嘲弄。但是为了能够出版,却在序言中故意写了一句"哥白尼学说是违背《圣经》的"。

1623 年命令禁止哥白尼学说的教皇逝世,新教皇乌尔班八世即位。乌尔班八世被人们认为是一位"好学重才"的学者,并且是伽利略的朋友。伽利略以为新教皇不会禁止哥白尼学说,于是在 1632 年出版了自己的著作。然而,教会终归是教会,教会并不会因为教皇的更换而改变它的本性。伽利略不切实际的幻想遭到了悲惨的破灭。新教皇把年近古稀的伽利略拘押到罗马。宗教法庭对他威胁利诱,严刑拷问,最后于 1633 年 6 月 22 日判决:《对话》一书禁止流行,把伽利略关进监狱,同时要他每星期把七首忏悔诗读完一遍,为期三年。按照宗教法庭准备的仪式,伽利略跪下宣了誓,签了字,表示放弃哥白尼学说。但他签完字站起来的时候,仍然喃喃自语地说:"可是,地球仍然在转着!"

"可是,地球仍然在转着",伟大的共产主义战士季米特洛夫于 1933 年 12 月 16 日在希特勒的法西斯法庭上说:"伽利略的这个科学的论断后来成了全人类的财产。"[10]

三　开辟物理学的新领域

伽利略被判刑以后,由于年老多病,过了不久就被保释,居家受监视。他可以住在家里,但是不准他和任何人讨论地球的运动,也不准他出版任何著作。在这样的情况下,伽利略又回到他早年的力学工作上,于 1636 年完成了他的另一部名著:《关于两门新科学(力学和弹性学)的对话和数学证明》[11]。这书仍然是以三人谈话方式进行。和亚里士多德不同,他首先把常见的机械运动分成匀速运动和匀加速运动,并且假定做匀加速运动的物体,某一瞬时的速度和它由静止开始到此一时刻所经历的时间成比例。接着他又在这个假定的基础上,用几何学的方法推导出一个重要的结果:做匀加速运动的物体所经过的距离和它所经历的时间的平方成比例。

为了验证他的这一理论,伽利略在斜面上做了实验。他在一块长约 11 米的木板上刻了光滑的槽子,又在槽子上铺了光滑的羊皮纸,然后把板从一端抬起,令小球自由地从顶上滚到底,并且把滚下所需的时间记下。接着再做同样的实验,但小球滚到一定距离(例如全长的四分之一)处后,立刻就让它在紧接着的光滑的水平槽上运动,记下小球到达转折点的时刻,并测量它在水平槽内运动的速度,这速度就是到达转折点的速度。用不同的长度和不同的倾角,伽利略做了大约一百次实验,结果发现:在斜面上小球的速度和所经历的时间成比例,小球所经过的距离和时间的平方成正比。于是他的假说成了定律。物体在斜面上运动服从这个定律,垂直下落时也服从这个定律。因为当斜面的倾角等于 90 度时,斜面就成了垂直面,物体就变成垂直降落,所不同的只是在这个情况下加速度最大。

在这里必须指出:广为流传的、在最近许多人写的纪念伽利略的文章[12]中都提到的比萨斜塔实验,实际上并无其事。这个实验是在伽利略之前由比利时的工程师西门·斯提文(Simon Stevin,1548—1620)和他的朋友格罗蒂斯(Grotius)做的[13],没有任何证据可以说明伽利略在比萨斜塔上重复过这一实验[14]。伽利略没有在比萨斜塔上表演,这一点也不减小他的

光辉。他做的斜面实验,解决了自由落体运动的规律,而这是前人没有做到的。

斜面实验还带来了另一个重要的结果。伽利略发现:一个球体滚下一个斜面之后,还可以滚上另一个斜面到它出发点的高度,只是摩擦力要小到可以忽略的程度,与斜面的倾斜度无关。不管把第二个斜面伸长到何种长度,只要它的高度不超过第一个斜面的高度,小球总可以到达它的终点。如果第二个斜面是水平的,此球将以均匀的速度继续不断地在它上面跑,直到摩擦力或其他相反的力把它停止。这个事实表明:和前人的想法相反,不是运动而是运动的开始、停止或改变速度,需要外面的力量。这个情况叫做物质的惯性,它后来被牛顿概括为关于运动三定律的第一个,即惯性定律:物体在不受外力作用时,静者恒静,动者恒沿直线做匀速运动。把惯性定律和开普勒的行星运动三定律结合起来,就引导到牛顿关于万有引力定律的发现[15]。

凡是惯性定律能够成立的坐标系统,叫做惯性系。伽利略发现:固定于地面上的坐标系统都是惯性系;对于一个惯性系做匀速直线运动的坐标系也是惯性系;在不同的惯性系中做相同的力学实验,所得结果完全一样。因此,如果不观察外界情况,单独在一个惯性系内做力学实验,是不能发现这个系统本身的运动的。这叫做相对性原理。20世纪初叶,爱因斯坦又推广了这一原理,指出在惯性系内所进行的任何实验,包括电学的、光学的,也都不能证明系统本身在运动,从而奠定了他的狭义相对论的基础。

伽利略关于相对性原理的发现,在当时来说,意义也是非常大的。它驳倒了反对地球自转学说的一个最强的论证。这个论证是:如果地球在自转,那么张弓向上射箭,箭就要落在射手立足点的西方,因为箭在空中往返之际,立足点已从西向东移动了一段距离;这个现象既然不存在,地球就是没有自转的。根据相对性原理,这并不能证明地球没有自转,因为我们在运动着的船上垂直向上掷一东西,东西并不会掉在后面。

此外,伽利略还纠正了人们一向认为一个物体不能同时受一个以上的力的影响的错误看法,证明了由于沿水平方向的匀速直线运动和垂直下降的匀加速运动的结合,炮弹应该走抛物线轨道。同时,他又发现了运动的独立性原理:同时参与几个运动的物体,它的瞬时位置可以用各个运动所引起的分位移按矢量的加法求出。

伽利略以这些巨大成就为动力学奠定了基础。他在静力学上也有很大的贡献:他给平衡下了比较普遍的定义;他证明了与亚里士多德的想法相反,固体在液体中的漂浮与它们的形状无关,而决定于它们的相对比重。他又是材料力学的创始人:他用拉伸实验来研究材料的强度;他在一根杆子的一端挂上重物来研究杆子折断时的抵抗力;他对横梁、空心梁进行了研究,得出了一些很有价值的结果[16]。

对于伽利略在力学上的这些贡献,著名的数学家拉格朗日(J. L. Lagrange,1736—1813)在他的《解析力学》第一卷(1789年出版)中做了很高的评价。他说:“伽利略是动力学的奠基者,他的一系列的发现为力学的进展开辟了广阔的道路。如果说伽利略的天文发现只要有一个望远镜和耐心的观测毅力就行了,那么他在力学上的成就,就非有非凡的天才不可,因为这是在我们所见的日常现象中找规律,而对这些现象的真正解释,以前的所有学者都忽略了。”[17]

四　了解自然的巨人

拉格朗日的话有道理,但是不全面。伽利略的发现固然需要一定的天才,而更重要的是他

所处的时代。这个时代,欧洲刚从黑暗的中世纪觉醒过来,文艺复兴中的人文主义运动还没有休止,新兴的资产阶级走上了政治舞台,城市工商业在迅速发展。一句话,生产力正在突破封建主义生产关系的束缚,蓬勃地向前发展,它所要求的科学已不是那种教条式的、专以注解古书为限的“科学”,而是一种能够了解自然、掌握客观规律、变革世界的科学。恩格斯在《自然辩证法》里以无比兴奋的心情说:“这是世界所经历的最伟大的一次革命。自然科学也就在这一革命中诞生和形成起来,它是彻头彻尾地革命的。”这个时代需要巨人,也产生了巨人[18]。

伽利略就是这些巨人中的一个,他的才能是多方面的。他对数学、筑城学和兵工学都很有研究。他发明的比例规,可以方便地用来计算数目的平方根和立方根。他是音乐家、画家、艺术的爱好者和出色的文学家。他给意大利的科学散文奠定了基础。他最善于用对话方式来描绘和揭发他思想上的敌人。他那二十大本的全集,绝大部分是用意大利人民的语言写成的,充满着民族的表达方式和成语,而不像当时其他的科学家那样,用古老的拉丁文发表自己的著作[19]。

然而,他给人类所留下的最宝贵的遗产还是他对科学实验的提倡和所得的实验结果。自11世纪起,亚里士多德的著作传到欧洲,物理学已开始成为一门学科。不过那时所讨论的都是运动的现象,如把运动分成天上的运动和地上的运动,圆运动和直线运动等等。到了13世纪,有许多学者觉得实验方法是进行新发现的武器,如罗吉尔·培根(Roger Bacon,1214—1292)就很重视实验,他主张一切知识都需要有实验做根据。14世纪时,奥康(Gillaume D'Occam,1300—1350)用实验证明了亚里士多德所说的一切运动都有推动者的说法是错误的,指出物体已经开始运动,就永远运动。布里丹(Jean Buridan,1300—1358)由实验分析得到力的大小与速度和重量有关,并指出物体下落时有加速现象。伽利略的成就就是在这种学风的熏陶下和这些人成就的基础上完成的[20]。

伽利略超越前人的地方在于:他善于利用各种不同的实验,测量出大量数据,从而用数学方法归纳出一般的规律,然后再拿到自然界中去检验。他虽然没有写过一本关于方法论的著作,但是他的《关于两门新科学的对话和数学证明》却是一个典范,我们读这本书,可以学到做科学实验的方法。这本书今天仍有一读的价值。

时间已经过去300多年了,但是伽利略为真理而斗争的光辉形象,为探索自然而进行的严肃的科学实验,却永远活在全世界人民的心里。

(本文主要内容曾以《伟大的科学家伽利略》为题在1964年4月12日《文汇报》发表)

参 考 文 献

[1] A. Armitage. The World of Copernicus. London: 1947. 140—141
李珩. 哥白尼. 商务印书馆, 1963. 122—123.

[2] Н. И. Идельсон. Галилей в истории астрономии. Галилео Галилей (Сборник посвященный 300 летней годовщине со дня его смерти). АН СССР, 1943. 68—141

[3] С. И. Вавилов. Галилей в истории оптики. Галилео Галилей. АНСССР, 1943. 5—56

[4] Galileo Galilei. The Starry Messenger(1610). Discoveries and Opinions of Galileo. Translated With an Introduction and Notes by Stillman Drake. New York, 1957. 21—58

[5] Galileo Galilei. Letters on Sunspots(1613). Discoveries and Opinions of Galileo. 1957. 87—144.

[6] 毛泽东. 关于正确处理人民内部矛盾的问题. 人民出版社, 1964. 25

[7] Sizzi. Dianoia Astronomica. Venice, 1611.

[8] J. J. Fahie. Galileo, His Life and Work. London: 1903. 102
[9] Galileo Galilei. Dialogue Concerning the Two Chief World Systems——Ptolemaic & Copernican. translated by Stillman Drake, foreword by Albert Einstein. University of California Press, 1953.
[10] 斯捷拉·布拉戈也娃.季米特洛夫传(泽湘译).世界知识出版社,1958.113
[11] Galileo Galilei. Dialogues Concerning Two New Sciences. translated by H. Crew and A. de Salvio. New York: 1914.
[12] 陈遵妫.纪念伽利略诞生四百周年.人民日报,1964-02-25.
李迪.伽利略在天文学上的贡献.天文爱好者,1964(2).
李珩,王锦光.近代实验科学的创始人伽利略.科学画报,1964(2).
拾风.伽利略的勇敢.文汇报,1964-03-01.
林万和.伽利略的生平及其对科学的贡献.物理通报,1964(3).
[13] Simon Stevin. Beghinselen der Weeghconst. 1586.
M. Steichen. Memorire sur la Vie et les Travaux de Simon Stevin. Bruxelles: 1846. 25
[14] Lane Cooper. Aristotle, Galileo, and the Tower of Pisa. London—New York: 1935.
[15] 席泽宗.万有引力定律是怎样发现的.文汇报,1961-10-8.
乐夫.万有引力定律建立的历史.物理通报,1963(3).
[16] 铁木生可.材料力学史(常振檝译).上海科技出版社,1961.10-14
[17] К. А. Баев. Создатели новой астрономии. Москва, 1955. 119—120
[18] 恩格斯.自然辩证法.人民出版社,1955.158,5
[19] 瓦维洛夫.伽利略(任华译).人民出版社,1954.
[20] 何兆清.科学思想概论.商务印书馆,1945.

〔原刊《科学史集刊》,第7期,1964〕

中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义*

一　古代的新星纪录

当新星爆发时，它的亮度在几天以内可以增加几千到几万倍；超新星爆发时，亮度在几天以内可以增加几千万到几亿倍。可惜这些现象都很少见。在我们银河系里，超新星自1604年在蛇夫座出现过以来，至今360年间就再没有发现过①；新星每年平均约有50颗出现，但亮到肉眼能看见的不多，19世纪里有5颗，20世纪前50年里有16颗[1]。在这种情况下，天文学家为了研究新星和超新星，就需要寻求历史上的新星纪录。

远在110多年前法国汉学家毕约（Biot，E.）就注意到中国在这方面有丰富的资料，他从《文献通考》和《续文献通考》中把到1640年为止中国观测到的奇星（包括新星、彗星甚至流星）整理出来，发表在1846年的法国天文年历上，引起了欧洲人的注意[2]。自此以后，德国的洪堡（Houmboldt，K.）[3]和辛耐尔（Zinner，E.）[4]，瑞典的伦德马克（Lundmark，K.）[5]和日本的山本一清[6]均曾根据这些资料及其他一些零星材料，编制过古代的新星表。然而他们所用的资料都不全面。例如在辛耐尔的表中，1054年、1572年和1604年出现的三颗超新星竟全未列入；又如山本一清的表竟没有利用日本本国的观测资料。

作者于1955年根据中国和日本的史料编出《古新星新表》，列出了90个可能的目视新星，最早从公元前14世纪甲骨文的记载开始，最迟到公元1700年为止[7]。这个表发表后，曾广泛地被各国天文工作者引用；然而在时间过了9年以后的今天看来，这个表也有其缺漏不妥之处，首先是丰富的朝鲜纪录没有列入，其次是已经发现表中列的有一些实际上是彗星。1962年马来亚大学的何丙郁也曾经指出几条错误[8]。

鉴于古代的新星纪录在今后的天文学研究中还有一定的意义，最近我们又在广泛收集材料的基础上，将中、朝、日三国有关的历史资料相互对比，重新审查一过。因为古代所用术语往往相互混淆，新星、彗星很难区分，我们根据近代天文知识确定了几项鉴别新星的标准：

1．凡是位置有变化或有尾巴的，不论记作客星，还是彗星，肯定都是彗星，一律不收。

2．只有方位，而无具体位置者，这常常是指日出前见于东方，日落后见于西方，离太阳很近，是彗星的可能性很大，不收。

3．位置远离银河，而又在黄道附近者不收。

4．长星、蓬星、烛星不收，这些都是彗星的别名。

---

* 合作者：薄树人

① 1843年在船底座爆发的η星，1928年人马座新星和1956年9月小熊座新星，都被认为可能是超新星，但尚未肯定。

5. 碰到直接用“彗星”这一名词作纪录时，严格审查，一般不收；但在用“星孛”这一名词时，只要有具体位置，一般就收。因为《晋书·天文志》中的定义是“偏指曰彗，芒气四出曰孛”，“孛”比“彗”是新星的可能性大些。

6. 前后半年以内有显著彗星出现者，严格审查。

7. 以上 6 条标准都符合以后，再将挑出来的可能是新星的资料，和 1958 年出版的《变星总表》[9]中 14 500 多颗变星比较，看是否可能是其他种类型的变星，如是，也不列入。

经过这样七步审查以后，在将近 1 000 条资料中，能够认为是新星的就只有 90 项，我们把它作为附表，列在本文的后面，以供天文工作者参考。

和《古新星新表》相比，这个表保留了原有的 53 项，删除了 37 项（纪录中无具体位置的，已证明是彗星和变星的，另有 4 项合并为 2 项），又新增了材料 37 项（其中朝鲜的占一半）。应该指出的是：(1) 原有 53 项中，有些这次也增加了新的内容。(2) 新增 37 项中，除中、朝两国的以外，有越南的一条。(3) 为了资料的完整性，我们把阿拉伯和欧洲有关的七项资料，也按年代顺序插在里面，但用罗马字母另排号数。(4) 三国纪录有，别的国家也有的，在阿拉伯数字上面加方括号，这样的情况共有四个。

二　超新星与射电源

在这 90 项资料中最有趣的是 1054 年出现的新星。1942 年季文达克（Duyvendak, J. J. L.）、麦依耳（Mayall, N. U.）和奥尔特（Oort, J. H.）等人证认出它是金牛座蟹状星云的前身[10—12]。本世纪 20—30 年代的观测证明，蟹状星云在以每秒 1 100 千米的速度继续膨胀着。把这个星云的角直径（约 5′）除以它的边缘膨胀的角速度，得知这个星云大约是在 1 000 年前从中心一点开始膨胀的，恰好在这各时候中国和日本纪录有在同一位置上出现的客星。以蟹状星云膨胀速度之大，这颗客星一定是超新星。中国和日本的天文学家几乎同时发现了这颗超新星，而中国的纪录最详细。根据这些纪录所画出的光变曲线和至今了解得最清楚的 1938 年在星系 NGC 4182 中所出现的超新星的光变曲线很是一致，这充分证明了东方古代观测的可靠性。

无线电望远镜出现以后，1949 年发现蟹状星云是一个射电源[13]。它发出强烈的无线电波，波长从 7.5 米到 3.2 厘米，波长越短，射电强度越弱。如果把这个星云射电强度和光强度随频率变化的曲线画在一张图上，即可以看出：二者是同一曲线的两个段落。这是一个引人入胜的发现，它表明蟹状星云发出的光波和无线电波是由同一原因造成的。这不是通常的恒星高温引起的热辐射，而是高能电子在磁场中加速时产生的同步加速辐射[14]。后来在 1572 年和 1604 年爆发过超新星的位置上都拍得了星云的照片，也接收到了无线电波[15—16]。于是引出了一个重要的设想：每一个超新星爆发都喷射出星云，星云形成射电源。这个设想是否正确，一方面需要由更多的观测来检验；另一方面，古代的观测纪录也可提供证据和线索，而在这一方面，东方古代的纪录是可以做出贡献的。

1572 年在仙后座出现的超新星，现在叫做“第谷新星”，因为杰出的丹麦天文学家第谷曾经详细观测过它。但是从《明实录》来看，中国比第谷还早发现三天，而且多观测了约两个月。我国的观测时间是从 1572 年 11 月 8 日（明隆庆六年十月初三）到 1574 年 6 月（明万历二年四月），第谷是从 1572 年 11 月 11 日到 1574 年 3 月 15 日。朝鲜也记载了这颗超新星，《宣祖实录修正》中说：“宣祖五年十月客星现于策星之侧，大于金星。”

1604年在蛇夫座出现的超新星，现在叫做“开普勒新星”，德国天文学家开普勒发表过对这颗星的12个月观测结果。根据《明史》的记载，中国人发现这颗新星（1604年10月10日）只比意大利的隐名医生迟一天，并且也有将近一年的观测（从1604年10月10日到1605年10月7日），只比欧洲少两天（欧洲从1604年10月9日到1605年10月8日）。朝鲜发现这颗星虽然比中国和欧洲晚三四天，但在5个多月中间每天晚上准时观测，测其位置，量其光度，遇天阴下雨时，还特别书明今晚没有观测[17]。现在根据中国和朝鲜的纪录绘出这颗星的变光曲线；为了比较起见，也将巴德根据欧洲的纪录画的曲线[18]，用虚线画在同一图上（图1）。显然，彼此有很大的不同。根据朝鲜的记载，极大发生于10月28日，大如金星；而开普勒的纪录中极大发生在10月17日，亮于木星。看来，还是朝鲜的纪录可靠些：10月17日那天，朝鲜的纪录也是“大如岁星”，和开普勒的一致，而在10月17日到1月3日期间，欧洲没有观测纪录。

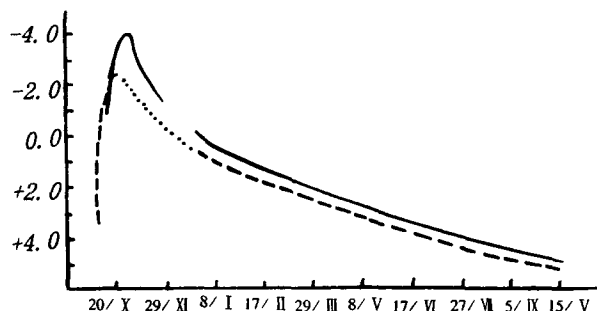



图1　1604年蛇夫座新星的光变曲线（目视星等）

实线是根据中、朝两国纪录绘制的。在1604年11月27日至12月25日期间，新星方位近太阳，不能进行观测，故无纪录。虚线是Baade根据欧洲观测纪录绘制的。1604年10月18日至1605年1月2日期间，欧洲无纪录（即图中的点线一段）。

以上是现在公认的3颗银河超新星。根据这3颗超新星的特点，似乎可以确定出以下两条标准，以便从历史上的新星纪录中把超新星区别出来：

1．亮度特别大而可见期又特别长者。以上3颗超新星的可见期都在一年以上，而20世纪4颗最亮的新星，除1934年武仙座新星以外，可见期都小于一年。新星如果亮到金星那样程度，则在变前和变后已是肉眼可见的星，古人大概可以分辨出来。

2．如果新星爆发的地方有射电源，而射电源又具有非热辐射性质，则这颗新星一定是超新星[19]。

这两个条件可以相互为用：一方面在符合第一个条件的地方去寻找射电源；一方面在有射电源的地方去寻找超新星的遗迹和纪录。以下就谈谈历史上几个可能的超新星及其与射电源的关系。

1．“后汉中平二年十月癸亥，客星出南门中，大如半筵，五色喜怒，稍小，至后年六月消。”《后汉书》里的这段话可能是世界上最早的超新星纪录。① 这颗超新星出现于半人马座的α和β星之间，可见期达20个月之久。它的1950年的坐标位置（以下所用位置全换算到1950年）是

$$\alpha = 14^{\mathrm{h}}, \qquad \delta = -60^{\circ}.$$

考虑到它的很大的南赤纬，出现时位置靠近地平，就很容易理解“五色喜怒”这句话，它是明亮的恒星在靠近地平时所产生的光学现象：有颜色，闪烁极强烈。令人难以理解的是“大如半筵”。筵是竹席，星如竹席那么大，似乎是彗星。但是在同一地方停留20个月，这又排除了是

① 英国毕尔（A. Beer）认为甲骨文中的纪录也是超新星，并且能和射电源2C1406联系起来[21]。但由于对卜辞的解释还有不同的说法，我们觉得从这里算起较为合适。

彗星的可能性。看来“筵”字可能是“筳”之误。筳即天文学家所用的竹算子,天文学家用他们使用的工具来比喻星的大小这是很自然的。考虑到后汉时的十月,约当秋分季节,南门与太阳几乎同时没入地平线下面,这颗星必然能够昼见。它这样亮,又长期不动,必是颗超新星。什克洛夫斯基(Шкловский,И.С.)认为,半人马座一个较强的射电源($\alpha = 13^h35^m, \delta = -60°15'$)就是由于这颗超新星爆发而形成的[21]。

2. 1954年什克洛夫斯基和沙因(Щайн,Г.А.)等人认为星云IC443是中国唐文宗开成二年三月出于东井下的客星的遗迹,这个星云也是一个射电源[22—23]。当时本文作者认为这个客星不是新星,而是哈雷彗[7]。现在看来它是新星,理由有二:一是4月28日彗星在狮子座,到了29日就跑到双子座,一天之内移动45度,这是不可能的;二是根据哈雷彗该年轨道视行迹的推算,它的视逆转应该于4月下旬发生在狮子座,到不了双子座。

不过若说这颗新星就是IC443的前身,还是成问题。因为这个星云的位置是在双子座η星和μ星之间,而原文是在东井下,即在双子座ζ等星之南,位置相差太远。倒不如说“魏太延三年(宋元嘉十四年)正月壬午(437年2月26日)有星晡(下午3~5时)前昼见东北,在井左右,色黄赤,大如橘”是这个星云的前身。下午3时以前,这星就能在东北方天空看见,视星等总得在-4^m左右。现在知道这星云的距离是2 000秒差距,若取吸光改正值为每千秒差距$1^m.5$,得出这个超新星在极大时的绝对星等约为-19^m,是超新星中最大者。

另一方面,在东井下的那颗新星,可能和另一个射电源CTB-21[24]对应。在这个射电源的位置上有一个玫瑰星云,和IC443一样,具有精细结构,它也可能是超新星的遗迹。

3.《新唐书》和《文献通考》里说:“乾封二年(667)四月丙辰,有彗星于东北,在五车、毕、昴间,乙亥不见。”《旧唐书》和《唐会要》里说:“总章元年(668)四月彗星见五车,……星虽孛而光芒小,……二十二日星灭。”这两条纪录实际上说的是一回事,因为乾封二年四月丙辰为四月二十六日,乙亥在五月十五日,不在四月份内。而乾封三年四月丙辰为四月初二日,二十一日为乙亥,这与“二十二日星灭”的纪录只差一天。乾封三年即总章元年,由此看来,《新唐书》里的“二”字是“三”字之误。

关于这一天象,朝鲜也有两条记载。《三国史记》和《增补文献备考》里说:“新罗文武王八年四月彗守天船”,同时又说:“高句丽宝藏王二十七年夏四月彗见于昴毕之间。”根据中国和朝鲜的这四项纪录,特别注意到《三国史记》中的“守”字,可以认为这是一个新星,位置在毕宿和昴宿的经度范围内、五车和天船之间:

$$\alpha = 4^h30^m, \qquad \delta = 45°.$$

在这个地方正好有一个射电源CTB-13,其位置为

$$\alpha = 4^h24^m, \quad \delta = 47°, \quad \text{角大小} = 5°\times 2°.$$

魏尔逊和包尔顿(Wilson,R. W., Bolton, J. G.)根据这个射电源的结构性质,于1960年指出它应为超新星爆发的遗迹[25]。现在看来,果然如此。

4.《新唐书》和《旧唐书》里的“永淳二年三月丙午,有彗星于五车北,凡二十五日,至四月辛未不见”和《三国史记》里的“新罗神文王三年十月彗星出五车”描述的可能是同一现象。永淳二年三月丙午至四月辛未相当于公元683年4月20日至5月15日,五车即御夫座,5月15日以后,太阳逐渐接近了御夫座,它看不见了。半年以后,御夫座于后半夜见于东方,十月间碰上了它的光变曲线的副极大,被朝鲜天文学家观测到了。今天在五车北正好有一个强的射电源御夫A,法国斯登保和列谷(Steinberg,J. L. et Lequeux, J.)于1960年写的《射电天文学》[26]里指出这个射电源应该是Ⅱ型超新星的遗迹。Ⅱ型超新星光极大时的光度较小,光变

曲线有副极大[27]。

5. 1963年普斯考夫斯基(Псковский, Ю. П.)将CTA－1与中国纪录的爆发于902年的一颗超新星对应起来了。他由CTA－1处星云纤维物质的直径(100～150秒差距)估出的距离,求出光度极大时的视星等为-8^m;按照仙后B的光变曲线,CTA－1超新星看见约两年。中国"唐天复二年(902)正月客星如桃,在紫宫华盖星下,……明年犹不去",这一记载,在位置、亮度、可见期等方面都与此推断符合[28]。

6. 13世纪的阿拉伯历史学家巴尔赫布劳斯(Barhebraeus)在他写的《叙利亚编年史》中写道:"回历三百九十六年出现了亮如金星的一颗星,它光芒四射,宛如月亮,在发光之后四个月消失不见"[29]。在他之前,另一位阿拉伯历史学家伊本·阿尔·阿西尔(Ibn al-Athir)写的《通史》中也说:"回历三百九十六年舍尔邦(八月)一日,在伊拉克的基布拉左边,出现了很大的特别明亮的星,仿如月亮一样,一直到助勒·盖尔德(十一月)十五日方不见,共历时四个月"[30]。回历三百九十六年相当于公元1006年,伊拉克的基布拉是由巴格达向麦加的方向,考虑到此星出现的季节(公历5月3日到8月13日),荀费尔德断定:这是新星爆发于天蝎座的记载[31]。什克洛夫斯基认为这是一颗超新星,并且讨论了可能与它相联系的几个射电源[32]。但是在中国和日本的历史书中,对这颗星有极为详细的记载。根据这些记载,这个星并不在天蝎座,而是在豺狼座,也许就是骑阵将军星(豺狼座κ星)本身的爆发,因为日本的《明月记》中说:"或云骑阵将军星变本体增光欤";中国的《宋会要辑稿》说:"大星出库楼东,骑官西,测在氐三度",处在这个位置上的也正好是骑阵将军。骑阵将军现在是一对双星,两个成员星的光谱为B_0和A_9,绝对星等$0^m.6$。近几年来发现,许多新星都是双星[33],而新星在变后的光谱也可能是B型和A型。这样看来,骑阵将军可能就是一个肉眼能够看到的变后新星(迄今所知,也是惟一的一颗)。

7. 日本的《吾妻镜》里说:"治承五年六月二十五日庚午(1181年8月7日)戌刻客星见艮(东北)方,大如镇星,色青赤,有芒角,是宽弘三年(1006)出现之后无例,云云。"中国的《宋史》和《金史》中也纪录了这一客星:"宋淳熙八年(金大定二十一年)六月己巳(1181年8月6日),客星出奎宿,犯传舍星,至明年正月癸酉,凡一百八十五日始灭。"这可能是超新星出现于仙后座的记载。

8. "宋嘉泰三年六月乙卯(1203年7月28日),东南方泛出一星,在尾宿,青白色,无芒彗,系是客星,如土星大。"《文献通考》里的这一段叙述,排除了这一记载是彗星的可能性,可以认为是一颗新星;又考虑到这一天区星际吸光特别厉害,这颗星的本身亮度要比当时看到的亮得多,它还可能是一颗超新星。现在在这个位置附近有一个射电源CTB－37,其光谱指数为－0.3,具有非热辐射性质。

9. 朝鲜李宣祖二十五年(1592)同时记录了3颗新星。这3颗新星有一颗在鲸鱼座θ星附近,银纬非常大(－70°),可见期达15个月。另外两颗都在仙后座,其在王良第一、第二星(仙后座β和κ)之间的一个,可见期近4个月(1592年11月30日至1593年3月28日),能与射电源CTB－1对应起来,可能也是一个超新星。

三　超新星的爆发频率

综上所述,中、朝、日三国历史上共记录了12颗超新星(也许还有,这要等待射电天文学来证认),现在把这12颗超新星的银经l、银纬b、视星等m、可见期t和距离r列表如下:

号数	超新星	观测者	年代	遗　迹	射电源	l	b	t	m	r (秒差距)	附注
1	半人马 B	中　国	185		13S6A	282°	0°	20 月			H
2	双子座新星	中　国	437	IC443	06N2A	162	+9		−4	2000	H
3	英仙座新星	中、朝	668	观测到纤维物	CTB−13	127	0	19 日			H
4	御夫 A	中、朝	683		04N4A	130	+4	25 日		1900	H
5	麒麟座新星	中　国	837	玫瑰星云	CTB−21	74	0	23 日			
6	仙后座新星	中　国	902	暗的光学发射弧	CTA−1	87	+10	2 年	−8	150	H
7	金牛 A	中、日	1054	蟹状星云	05N2A	155	−3	22 月	−5	1100	H
8	仙后座新星	中、日	1181		?	94	+3	185 日	+1	(2300)	
9	天蝎座新星	中　国	1203	Sharpless 51?	CTB−37	304	−1		+1	(2300)	
10	仙后 B	中、朝、欧	1572	观测到	00N6A	90	−2	18 月	−4	360	H
11	仙后座新星	朝　鲜	1592	纤维物质环	CTB−1	86	0	118 日			H
12	蛇夫座新星	中、朝、欧	1604	观测到	CTB−41	332	+5	12 月	−4	1000	H

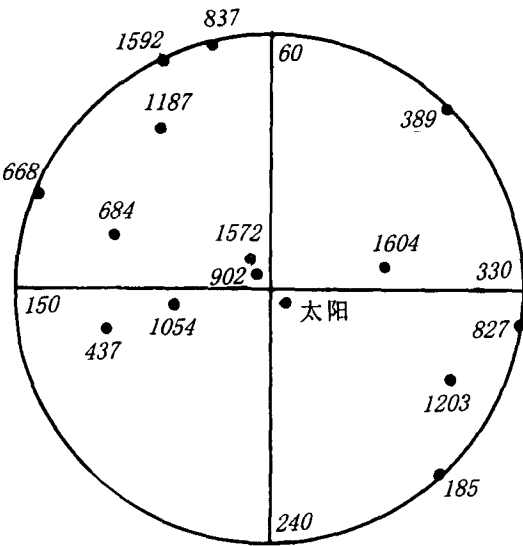



图 2　超新星的银经分布

将此表与 1962 年哈利斯所提出的可能是超新星遗迹的 25 个射电源[34]相对比，其中有 9 个对应上了，凡是在附注中用 H 标出的就是。这是很可观的一个数字。遗憾的是，没有找到关于最强的射电源仙后 A 的资料，现在一般人认为它是公元 1700 年左右爆发的一颗超新星的遗迹[35]。

这 12 颗超新星再加上欧洲和阿拉伯国家纪录中的新星有两颗可能是超新星①，历史上总共记录了 14 颗河内超新星。2 000 年间有 14 颗超新星，平均每 150 年出现一颗，这比兹威基(Zwicky, F.)所认为的平均每个星系每 359 年出现一次的频率[36]要大得多。

再从这 14 颗超新星的银经分布来看，如图 2 所示，在反银心的方向比在银心的方向多，这很奇怪，它可能是由于以下两个原因造成的：

(1) 南赤纬大的银河部分(银经从 240°～300°)在中、朝、日三国看不见。

(2) 古人所看到的超新星都离我们比较近。若超新星爆发在距我们 1 万秒差距处，在没有星际吸光的情况下，若极大时绝对星等 $M=-16^m$，则视星等 $m=-1^m$，这是一颗和天狼星差不多一样亮的星，很会惹人注意；若星际吸光的改正值为每千秒差距 $1^m.5$，则在同样的情况下，$m=+14^m$，必须用直径 25 厘米以上的望远镜才能看见。若距离为 5 000 秒差距，在后一种情况下，$m=+5^m$，肉眼刚能看到。

---

① (1) 389 年罗马人观测到的天鹰座新星：$l=14°$，$b=-4°$，$t=21$ 日，$m=-3.^m5$.

(2) 827 年阿拉伯人观测到的天蝎座新星：$l=322°$，$b=+5°$，$t=4$ 月，$m=-10^m$.

今设肉眼能见到的超新星的最远距离 $r'=5\,000$ 差距，能爆发超新星的区域离银河中心最远的距离 $r=9\,000$ 差距，又因为超新星的银纬都很小，可以认为是在圆面上讨论问题，于是银河系内超新星的爆发频率 f 和可见范围内爆发频率 f' 之比：

$$f:f'=\pi r^2:\pi r'^2$$

$$f=\left(\frac{r}{r'}\right)^2\times f'=\left(\frac{9}{5}\right)^2\times\frac{1}{150}=\frac{1}{50}(\text{次/年})$$

这个数字可能是正确的。什克洛夫斯基[32]和甭匹克(Opik, E.)[37]均认为在银河系内可能平均每30年爆发一次超新星。在20世纪的前60年中，在旋涡星系NGC3184、4321和6946中就各爆发了3颗超新星。最近的结果似乎表明：超新星的爆发频率和星系的质量与大小有关。像我们银河系这样的大型星系，应该具有很大的爆发频率[38]。

最后，应该指出，超新星爆发频率 f 的计算，对三方面都有重要意义：第一，在射电天文学中，银河系内寿命小于 T 的射电源的数目 $N=T\times f$，知道了 f 以后，可以估计出 N[32]。第二，与原子物理学中的宇宙线起源问题有关，根据蟹状星云的发光理论和对星际磁场的研究，现在一般人都认为超新星的爆发是宇宙线的源泉[39]。第三，与天体演化学有关，恒星演化是否都要经过超新星爆发阶段，一方面可以由恒星的物理性质的研究来探讨，另一方面也可以由超新星的爆发频率和银河系内恒星变成白矮星的速率相比较来研究。根据计算，在过去50亿(5×10^9)年中，平均每立方秒差距内有0.006颗星变成白矮星[40]。若取超新星的爆发频率为50年一次，则在过去50亿年中，每立方秒差距内只有0.000 1颗超新星爆发，这只有前一数字的1.7%。由此看来，似乎并不是所有恒星都要通过爆发阶段演变成白矮星，而是只有少数恒星才有这种可能。

增订古新星新表

号数	原　文	资料来源	时　间	星　座	α	δ	l	b	L	山	何	附　注
1	七日己巳夕岦□㞢新大星并火 辛未酘新星	殷墟甲骨文 殷墟甲骨文	前14世纪 前14世纪	天蝎座 α 星附近	16^h30^m	$-25°$	$321°$	$+13°$	—	—	1	李约瑟认为两者是纪录同一新星
2	周景王十三年春，有星出婺女	今本竹书纪年	前532年	宝瓶座3, 5, μ, ϵ 星	—	—	—	—	—	—	6	—
3	汉高帝三年七月，有星孛于大角，旬余乃人	汉书、文献通考	前204	牧夫座 α 星附近	14 15	+20	346	+66	—	—	23	可能是牧夫座AB新星的一次爆发
[4]	汉元光元年六月，客星见于房	汉书	前134	天蝎座 β, δ, π, ρ 星	—	—	—	—	[1]	1	40	依巴谷也观测到
5*	汉元封中，星孛于河戍	汉书	前108～前107	双子座	—	—	—	—	—	—	45	—
6	汉元凤四年九月，客星在紫宫中斗枢极间	汉书	前77	大熊座 α 星和北极之间	11 45	+72	98	+50	[2]	2	50	—

① 表中第一栏中阿拉伯数字加方括号者，表示西方也有纪录；加 * 号者表示《古新星新表》中无。第十栏 L 表示Lundmark表中的号数；第十一栏“山”表示山本一清表中的号数；第十二栏“何”表示何丙郁文中的号数；第三栏凡朝鲜、日本资料初次引用时在书名后加注(朝)或(日)。

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
7	汉初元元年四月,客星大如瓜,色青白,在南斗第二星东,可四尺	汉书	前48	人马座τ星之东	18^h 20^m	$-25°$	$335°$	$-7°$	[4]	3	57	据神田茂考证,南斗第二星为人马座τ星
8	汉哀帝建平二年二月,彗星出牵牛。七十余日	汉书	前5	摩羯座$\alpha,\beta,\epsilon,\rho,\pi,o$星	—	—	—	—	—	—	63	—
9*	新罗始祖五十四年春二月己酉,星孛河鼓 汉建平三年,有星孛于河鼓	三国史记(朝) 汉书	前4	天鹰座α,β,γ星	19 50	+10	17	−10	—	—	64	可能是天鹰座新星V500的爆发
10	后汉建武五年,客星犯帝座	后汉书·严光传	公元29	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24	—	—	67	可能是"再发新星"
11*	百济已娄王九年四月乙巳,客星入紫微 新罗婆娑王六年四月,客星入紫微 后汉元和二年四月乙巳,客星入紫宫	三国史记 三国史记 后汉书章帝本纪	85.6.1	恒显圈	—	—	—	—	—	—	86	
12	后汉永初元年秋八月戊申,客星在东井弧星西南	通志·灾祥略、东汉会要	107.9.13	大犬座κ、船舻座π等星西南	7	−35	214	−12	[9]	6	90	—
13	后汉延光四年冬十一月,客星见天市	通志、文献通考、后汉书、东汉会要	125.12.13~126.1.11	蛇夫、武仙、巨蛇、天鹰等座	15 35~19	−15 +30	—	—	—	7	94	—
14*	高勾丽次大王十三年春二月,星孛于北斗	三国史记、增补文献备考(朝)	158.3.18~4.15	大熊座	11~14	50 −60	—	—	—	—	104	—
15	后汉中平二年十月癸亥,客星出南门中,大如半筵,五色喜怒,稍小,至后年六月消	后汉书、文献通考	185.12.7~187.7.28~8.21	半人马座α,β星之间	14 20	−60	282	0	[12]	8	109	超新星射电源
16*	后汉建安五年十月辛亥,有星孛于大梁	后汉书、通鉴纲目、文献通考、东汉会要	200.11.6	—	3~5	—	—	—	—	—	115	—

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
17*	后汉建安十二年十月辛卯,有星孛于鹑尾	后汉书、通鉴纲目、文献通考、东汉会要	207.11.10		10.5^h ~13^h	—	—	—	—	—	119	—
18*	后汉建安十七年十二月,有星孛于五诸侯	后汉书、通鉴纲目、文献通考、东汉会要	213.1	一双子座 θ,τ,l,ν,φ 星附近	7	30°	155°	+18°	—	—	120	—
19*	晋太始五年九月,有星孛于紫宫	晋书、宋书、文献通考、通鉴纲目	269.10.13 ~11.10	恒显圈	—	—	—	—	—	—	145	—
20*	晋太始十年十二月,有星孛于轸	晋书、宋书、文献通考	275.1.14~2.12	乌鸦座 α, β, γ,δ 星	—	—	—	—	—	—	146	—
21	晋太熙元年夏四月,客星在紫宫	通志、文献通考	290.4.27~5.25	恒显圈	—	—	—	—	[14]	—	155	—
22	晋永兴元年夏五月,客星守毕	晋书、通志、文献通考、宋书	304.6.19~7.18	金牛座 λ, γ, δ,ε,θ, α 等星	—	—	—	—	[16]	10	163	—
23*	晋成帝咸和四年七月,有星孛于西北,犯斗,二十三日灭	晋书、宋书、文献通考	329.8.11~9.9	大熊座	11 ~14	50 ~60	—	—	—	—	167	—
24	晋太和四年春二月,客星见紫宫西垣,至七月乃灭	晋书、通志、文献通考	369.3.24~4.22 至 8.19~9.17	天龙座 α,κ,λ,大熊座 24,鹿豹座 43,α 星附近	3 10^m ~14	+65 ~+70	—	—	[17]	11	174	—
25	晋太元十一年春三月,客星在南斗,至六月乃灭	晋书、通志、宋书、文献通考	386.4.15~5.14 至 7.13~8.10	人马座 μ, λ, φ,τ,σ, ζ 星附近	—	—	—	—	[18]	12	177	—
I*	罗马 Cuspianus 观察到河鼓二附近出现新星,大于金星,三周后消失		389	天鹰座 α 星附近	19 50	+10	14	−4	[19]	13	—	超新星
26	晋太元十八年春二月,客星在尾中,至九月乃灭	晋书、通志、文献通考	393.2.27~3.28 至 10.22~11.19	天蝎座 ε,μ,ζ, η,θ,l, κ,ν,λ 星之间	17 20	−40	316	−4	[20]	14	179	—
27	魏皇始元年,有大黄星出于昴毕之分,五十余日。十一月黄星又见,天下莫敌	魏书	396	金牛座 η,λ,γ 等星间	4	+20	141	−22	—	—	182	—

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
28*	魏神瑞元年六月乙巳，有星孛于昴南	魏书	414.7.20	金牛座η等星南	3^h 40^m	$+20°$	$137°$	$-25°$	—	—	187	—
29*	晋元熙元年正月戊戌，有星孛于太微西藩 百济腆支五十五年春正月戊戌，星孛于太微	晋书、文献通考 三国史记	419.2.17	狮子座$\delta,\theta,l,\sigma,\beta$星附近	11 10 ~11 50	0 ~+20	—	—	—	—	192	—
30	魏泰常五年十二月，客星见于翼	魏书	421.1.20~2.17	巨爵座、长蛇座	—	—	—	—	—	—	194	—
31	魏太延二年五月壬申，有星孛于房	魏书	436.6.21	天蝎座β,δ,π,ρ星	—	—	—	—	—	—	199	—
32	魏太延三年正月壬午，有星晡前昼见东北，在井左右，色黄赤，大如橘	魏书、宋书	437.2.26	双子座μ,λ,ϵ,ξ等星	6 40	+20	162	+9	—	—	200	超新星射电源
33	魏元象四年(西魏大统七年)正月，客星出于紫宫	魏书、西魏书	541.2.11~3.12	恒显圈	—	—	—	—	—	—	222	—
34	周保定元年九月乙巳，客星见于翼	隋书、通志	561.9.26	巨爵座、长蛇座	—	—	—	—	[21]	15	224	—
35	陈太建七年四月丙戌，有星孛于大角	隋书、通志	575.4.27	牧夫座α星附近	14 20	+20	346	+66	—	—	231	可能是牧夫座AB新星的爆发
36	隋开皇八年十月甲子，有星孛于牵牛	隋书、通志、文献通考	588.11.22	摩羯座$\xi,\alpha,\beta,\pi,o,\rho$星附近	—	—	—	—	—	—	235	—
37	唐总章元年四月，彗星见五车，……星虽孛而光芒小，……二十二日星灭 唐乾封三年四月丙辰，有彗星于东方，在五车、毕、昴间。乙亥不见 新罗文武王八年四月，彗守天船 高勾丽宝藏王二十七年夏四月，彗见于昴毕之间	旧唐书、唐会要 新唐书、文献通考 三国史记、增补文献备考	668.5.18~6.6	英仙座	4 30	+45	127	0			251	超新星射电源

续 表

号数	原　文	资料来源	时　间	星　座	α	δ	l	b	L	山	何	附　注
38	唐永淳二年三月丙午,有彗星于五车北,凡二十五日,至四月辛未不见 新罗神文王三年十月,彗星出五车	旧唐书、新唐书、文献通考 三国史记	683.4.20～5.15 683.10.25～11.23	御夫座 α,β,θ,l,金牛座 β 星附近	5^h　20^m	+50°	128°	+4°	[23]		257	超新星射电源
39*	唐景龙二年七月七日,星孛胃昴之间	旧唐书、新唐书、文献通考、唐会要	708.7.28	白羊座35,39,41星和金牛座 η 等星之间	3　10	+25	127	−25	—	—	262	—
40*	唐景龙三年八月八日,有星孛于紫微垣	旧唐书、新唐书、唐会要、文献通考	709.9.16	恒显圈	—	—	—	—	—	—	263	—
41	日本养老六年七月三日壬申,有客星见阁道边,凡五日	日本天文史料(日) 大日本史(日) 一代要记(日) 续日本记(日)	722.8.19	仙后座 $l,\varepsilon,\delta,\theta,\nu,o$ 星附近	1　40	+60	97	−1	—	—	266	—
42	日本神龟二年正月二十四日己卯,有星孛于华盖	日本天文史料、大日本史、续日本记	725.2.11	仙后座38星附近	1　30	+70	94	+8	—	—	267	—
43*	唐开元十八年六月甲子,有彗星于五车。癸酉,有星孛于毕昴	新唐书	730.6.30～7.10	金牛座、英仙座、御夫座之间	4　20	+30	136	−12	—	—	268	—
44	日本天平十六年十二月二日庚寅,有星孛于将军	日本天文史料、续日本记、日本纪略(日)	745.1.8	仙女座 γ,ϕ,ν 等星三角座 β,γ 等星	1　30 ～2　10	+33 ～+51	—	—	—	—	271	—
Ⅱ	阿拉伯诗人Haly和巴比伦的天文学家Albumazar观测到天蝎座尾部出现的新星。亮如半月,四个月后方消失	Geschichte der Astronomie	827	天蝎座 $\varepsilon,\mu,\zeta,\eta,\theta,l,\kappa,\nu,\lambda$ 星间	16　50 ～17　40	−43 ～−33	—	—	[24]	17	—	超新星
45*	唐开成二年三月甲申客星出于东井下,四月丙午,东井下客星没	新唐书、文献通考	837.4.29～5.21	双子座 $\mu,\xi,\varepsilon,\lambda$ 等星之南麒麟座内	—	—	74	0	—	—	291	超新星射电源
46*	唐开成二年三月戊子,客星别出端门内近屏星,五月癸酉端门内客星没	新唐书、文献通考	837.5.3～6.17	室女座 ξ,ν,π,o 星附近	12	+5	245	+65	—	—	291	—

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
47	日本贞观十九年(元庆元年)正月二十五日戊时,客星在壁,见西方	大日本史、明月记(日)日本天文史料	877.2.11	仙女座α星和飞马座γ星之间	—	—	—	—	—	—	307	—
48*	唐中和元年,有异星出于舆鬼	新唐书	881	巨蟹座γ,δ,θ,η星	—	—	—	—	—	—	—	—
49	日本宽平三年三月二十九日乙卯亥时,客星在东咸星东方,相去一寸许	明月记、日本纪略、日本天文史料	891.5.11	蛇夫座φ,χ,ψ,ω之东	16^h 40^m	−20°	327°	+15°	—	—	313	—
50	唐天复二年正月客星如桃,在紫宫、华盖星下。丁卯……客星不动,己巳客星在杠守之,明年犹不去	新唐书、文献通考	902～903	鹿豹座γ星、仙后座48、49、50等星间	1 30	+65	95	+3	—	—	320	超新星射电源
51	梁乾化元年五月,客星犯帝座	五代史、文献通考、续唐书	911.5.31～6.28	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24	[30]	—	324	可能是公元29年新星的再发
Ⅲ*	945年,仙后座新星	Leoviticus	945	仙后座	—	—	—	—	[31]	21	—	
52*	高丽景宗五年夏,有星犯帝座	增补文献备考	980,5～8	武仙座α星附近	17 20	+15	5	+24	—	—	—	可能是公元29年新星的再发
[53]	宋景德三年三月乙巳,客星出东南方	宋史	1006.4.3						[33]	22	356	阿拉伯天文家也观测到
	宋景德三年四月戊寅,周伯星出氐南骑官西一度,状如半月,有芒角,煌煌然可以鉴物。历库楼东,八月随天轮入浊,十一月复见在氐。自是常以十一月晨见东南方,八月西南入浊	宋史、文献通考	1006. 5. 6起									
	宋景德三年司天监言,先四月二日夜初更见大星,色黄,出库楼东,骑官西,渐渐光明,测在氐三度	宋会要辑稿	1006.5.1									
	日本宽弘三年四月二日癸酉夜以降,骑官中有大客星,如荧惑,光明动摇,连夜正见南方。或云骑阵将军星变本体增光欤	明月记	1006. 5. 1起	豺狼座κ星	15	−50	292	+6				《日本天文史料》中收集资料很多

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
54	宋大中祥符四年正月丁丑,客星见南斗魁前	宋史、文献通考	1011.2.8	人马座 ϕ,σ,τ,ζ 星附近	19^h	−30°	335°	−18°	[35]	23	358	—
55*	高丽显宗十年十一月辛亥,彗见宗正、宗人、市楼间	高丽史(朝)	1020.1.26	蛇夫座	$17^h 50^m$	−5	350	+9	—	—	363	可能是再发新星蛇夫座 RS 星的爆发
56*	高丽显宗二十二年九月庚申,大星入舆鬼	高丽史,增补文献备考	1031.10.4	巨蟹座 $\theta,\eta,\gamma,\delta$ 星间	8 40	+20	174	+35	—	—	—	可能是再发新星
57	日本天喜二年四月中旬以后,丑时客星出觜参度,见东方,孛天关星,大如岁星 宋至和元年五月己丑,客星出天关东南可数寸,岁余稍没 宋嘉祐元年三月辛未,司天监言自至和元年五月,客星出东南方守天关,至是没。 嘉祐元年三月司天监言客星没,客去之兆也,初至和元年五月晨出东方,守天关,昼见如太白,芒角四出,色赤白,凡见二十三日	明月记、一代要记 宋史·天文志 宋史·仁宗本纪 宋会要辑稿	1054.6.19~6.28 1054.7.4 1056.4.6没	金牛座 ζ 星附近	5 30	+20	154	−5	[36]	25	375	超新星射电源:金牛 A
58	辽咸雍元年八月丙申,客星犯天庙 高丽文宗十九年六月乙卯,客星大如灯	辽史·道宗本纪 高丽史	1065.9.11 1065.8.1	巨蛇、唧筒、罗盘座间	9 20	−25	223	+19	—	—	379	—
59*	高丽文宗二十七年八月丁丑,客星见于东壁南	高丽史	1073.10.9	飞马座 γ 星南	0 10	+10	78	−52	—	—	383	—
60*	高丽睿宗八年七月辛巳,有星孛于营室	高丽史	1113.8.15	飞马座 α,β 星附近	23	—	—	—	—	—	394	—
61*	高丽仁宗元年七月己巳,有星孛于北斗	高丽史	1123.8.11	大熊座	11~14	50~60	—	—	—	—	395	—

续 表

号数	原　文	资料来源	时　间	星　座	α	δ	l	b	L	山	何	附　注
62	宋高宗绍兴八年五月，客星守娄	宋史、文献通考	1138.6.9～7.8	白羊座 α, β, γ 星	—	—	—	—	[38]	27	402	—
63	宋绍兴九年二月壬申，客星守亢	宋史、文献通考	1139.3.23	室女座 ϕ, l, κ, λ 星	—	—	—	—	[39]	28	404	—
64	宋淳熙二年七月辛丑，有星孛于西方，当紫微垣外七公之上，小如荧惑，森然蓬勃至，丙午始消	宋史、宋史新编、文献通考	1175. 8. 10～8.15	牧夫座、武仙座和天龙座之间	16^h	+60°	58°	+44°	—	29	413	—
65	宋淳熙八年六月己巳，客星出奎宿，犯传舍星，至明年正月癸酉，凡一百八十五日始灭 金大定二十一年六月甲戌，客星见于华盖。凡百五十有六日灭 日本治承五年六月二十五日庚午戌时客星见北方，近王良星，守传舍星 日本治承五年六月二十五日庚午，戌刻，客星见艮方，大如镇星，色青赤，有芒角。是宽弘三年(1006)出现之后无例，云云	宋史、文献通考 金史、续文献通考 明月记、大日本史 吾妻镜(日)	1181.8.6～1182.2.6	仙后座	$1^h\ 30^m$	+65	95	+3		29	415	超新星 日本《玉叶》、《百錬抄》等书中也有记载
66	宋嘉泰三年六月乙卯，客星出东南尾宿间，色青白，大如镇星，甲子守尾	宋史、文献通考	1203. 7. 28～8.6	天蝎座 $\varepsilon, \mu, \zeta, \eta, \lambda, \theta, l, \kappa, \mu$ 星附近	17	−40	314	−1	[40]	30	419	超新星
67*	高丽高宗七年十二月，有星孛于北斗	高丽史	1221.1	大熊座	11～14	50～60	—	—	—	—	424	—
68	宋嘉定十七年六月乙丑，客星守犯尾宿	宋史	1224.7.11	天蝎座 $\varepsilon, \mu, \zeta, \eta, \lambda, \theta, \kappa, l, \nu$ 星	—	—	—	—	—	31	427	—

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
69	宋绍定三年十一月丁酉，有星孛于天市垣屠肆星之下，明年二月壬午乃消	宋史、宋史新编	1230.12.15～1231.3.20	武仙座109星之南	$18^h\ 20^m$	+20°	16°	+13°	[41]	—	428	—
70	宋嘉熙四年七月庚寅，客星出尾宿	宋史、续文献通考	1240.8.17	天蝎座$\varepsilon,\mu,\zeta,\eta,\lambda,\theta,\iota,\kappa,\nu$星	—	—	—	—	—	32	433	—
Ⅳ*	1245在摩羯座观测到新星，大如金星，色赤如火，两个月后消失	Stadeneis	1245	摩羯座	—	—	—	—	—	33	—	—
Ⅴ*	1264年仙后座新星(近仙王座)	Leoviticus	1264	仙后座	—	—	—	—	[42]	34	—	—
71*	明洪武八年冬十月，有星孛于南斗	广东通志	1375.11.5～12.3	人马座$\mu,\lambda,\phi,\sigma,\tau,\zeta$星	—	—	—	—	—	—	—	—
72	明洪武二十一年二月丙寅，有星出东壁，色赤黄	明史、国榷、明通鉴	1388.3.29	飞马座γ星和仙女座α星之间	—	—	—	—	[43]	—	482	—
73*	明永乐十三年八月，有星孛于南斗	明会要	1415.9.3～10.2	人马座$\mu,\lambda,\phi,\sigma,\tau,\zeta$星附近	—	—	—	—	—	—	494	—
74	明宣德五年八月甲申夜，客星见南河东尺余，色青黄。庚寅有星见南河旁，如弹丸大，色青黑，凡二十六日灭	明实录、国榷、明史、续文献通考	1430.9.3	小犬座α,β,γ星附近	7 30	+5	181	+13	[44]	53	500	—
75*	李世宗十九年二月乙丑，客星见尾第二、三星间，近第三星，隔半尺许，凡十四日	李朝实录	1437.3.11	天蝎座μ,ζ星间	16 55	−40	314	0	—	—	508	—
76*	明景泰三年三月甲午朔，有星孛于毕	明史、明会要、续文献通考	1452.3.21	金牛座$\alpha,\varepsilon,\delta,\gamma,\lambda$等星	—	—	—	—	—	—	515	—

续　表

号数	原　文	资料来源	时　间	星　座	α	δ	l	b	L	山	何	附　注
77*	越南黎圣宗光顺元年春二月,有星孛于翼	大越史记全书(越南)	1460. 2. 22 ~3.22	巨爵座、长蛇座	—	—	—	—	—	—	—	—
78*	明嘉靖二年六月,有星孛于天市	明史	1523. 7. 13 ~8.10	武仙、蛇夫、巨蛇、天鹰、天箭诸座	15^h35^m ~19^h	−15° ~ +30°	—	—	—	—	543	—
[79]	明隆庆六年十月初三日丙辰,客星见东北方,如弹丸。出阁道旁,壁宿度,渐微芒,有光,历十九日壬申夜其星赤黄色,大如盏,光芒四出,十二月甲戌礼部题奏……十月以来客星当日而见,光曣异常。按是星万历元年二月光始渐微,至二年四月乃没 李宣祖五年十月客星现于策星之侧,大于金星 策星旁有客星,万历元年新出,先大今小	明实录 李朝实录,宣祖修正 明史·天文志星表部分	1572, 11, 8 ~ 1574, 4, 21~5,19	仙后座10星附近	0 10	+65	90°	−2°	—	—	565	第谷新星 国榷、明通鉴、明史稿·神宗本纪、增补文献备考、中西经星同异考中均有简略记载
80	明万历十二年六月丁未至己酉,有星出房	国榷、明史、续文献通考	1584.7.9~11	天蝎座β,δ,τ,ρ星	—	—	—	—	[48]	37	572	—
81*	(李宣祖二十五年十月丙午至二十七年正月甲申,客星在天仓星东第三星内三寸许)	据李朝实录	1592.11.23 ~ 1594. 2/24	鲸鱼座θ星南	1 20	−10	120	−70	—	39	577	—
82*	(李宣祖二十五年十月癸丑,客星禁于王良东第一、二星间,至二十六年二月辛亥不见)	据李朝实录	1592.11.30 ~ 1593. 3. 28	仙后座β,κ星间	0 20	+62	88	0	—	38	577	超新星射电源

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
83*	(李宣祖二十五年十一月丁巳,客星见于王良西第一星之内,至二十六年二月丁亥后不见)	据李朝实录	1592. 12. 4 ~1593.3.4	仙后座 β 星附近	0^h 20^m	+58°	88°	-4°	—	—	577	—
Ⅵ*	1600 年 Jansen 发现天鹅 P,发现后二年 Kepler 看见为三等星。1621 年不见,1655 年 Casini 又看见为三等星	The Galactic Novae	1600~1621. 1655 又见	天鹅座 P 星	20 14	+38	44	0	—	—	—	—
84*	李宣祖三十三年十一月己酉,客星见于尾,大于心火星,色黄赤,动摇	增补文献备考	1600.12.14	天蝎座 ε, μ, ζ,η,θ, l,κ,ν, λ 等星	—	—	—	—	—	—	581	—
[85]	明万历三十二年九月乙丑,尾分有星如弹丸,色赤黄,见西南方,至十月而隐。十二月辛酉,转出东南方,仍尾分,明年二月渐暗,八月丁卯始灭 李宣祖三十七年九月戊辰,客星在尾,其形大于太白,色黄赤,动摇,至于十月庚戌,体渐小。三十八年乙巳正月丙子,客星见于天江上,大于心火星,色黄赤,动摇,至三月己丑日,其形微	明史、续文献通考 增补文献通考	1604.10.10 ~1605.10.7 1604.10.13 ~1605.5.2	蛇夫座 44、θ、36 等星之北	17 30	-21	334	+5	[49]	—	—	开普勒新星 此星《李朝实录》中逐日有详细观测记录
86*	李仁祖二十三年二月,大星入舆鬼	增补文献通考	1645. 2. 26 ~3.27	巨蟹座 θ,η,γ, δ,星间	8 40	+20	174	+35				
87*	李显宗二年辛丑(闰)十月戊辰,客星见于女宿,大如镇星,十一月丁亥乃灭	增补文献备考	1661.12.13 ~1662.1.1	宝瓶座 3,5,μ, ϵ 星附近								

续 表

号数	原 文	资料来源	时 间	星 座	α	δ	l	b	L	山	何	附 注
88*	李显宗五年甲辰九月,客星见于天江上,大如岁星,色黄赤,反见于东,至翌年五月乃灭	增补文献备考	1664.10.19～11.17～1665.6.13～7.12	蛇夫座44,θ,36等星之北	17^h 30^m	−21°	334°	+5°	—	—	—	—
Ⅶ*	狐狸座11号星=Ck Vul,1669 Anthelme年发现时为三等星,其后渐暗一度不见。1671年4～5月又为三等星,1672年六等	The Galactic Novae	1669.12.20	狐狸座	19 44	+27	31	0				
89	清康熙十五年正月戊子,异星见于天宛东北,色白	清史稿	1676.2.18	波江座γ,π,δ,ε,ζ等星东北	4	−10	169	−40				
90	清康熙二十九年八月乙酉异星见箕,色黄,凡二夜 清康熙二十九年八月二十七日己酉戌时,观见南方箕宿第三星东,出异,星一个,黄色无芒尾,用仪测得在丑尾经度三度十八分,纬南三十四度二十分。于二十八日看得是客星仍在箕宿第三星东,黄色,无芒尾。用仪测得未曾行动	清史稿 据中央档案馆所藏清钦天监题本	1690.9.29	人马座ε星之东	18 30	−34	327	−14				

参 考 文 献

[1] Payne-Gaposchkin, C. *Handbuch der Physik*. 1958. 752

[2] Biot, E. *Connaissance des Temps*. 1846. 61

[3] Houmboldt, K. *Kosmos*, Ⅲ. 1850. 220—227

[4] Zinner, E. Sirius. 1919.

[5] Lundmark, K. *PASP*. 1921. 225

[6] 山本一清. 天文月报, 1921(4):14

[7] 席泽宗. 古新星新表. 天文学报, 1955(2):183

АЖ,1957(34):159

Smithsonian Contributions to Astrophysics.1958(2):109

[8] Ho Ping Yu. *Vistas in Astronomy*.1962(5):127

[9] Кукаркин,Б.В. и другие. *Общий каталог переменных звёзд*.1958.

[10] *Duyvendak*,*J. J. L*.PASP,1942(54):91

[11] *Mayall*,*N. U. and Oort*,*J. H*.PASP,1942(54):96

[12] *Baade*,W.Ap. J.1942(96):188

[13] *Bolton*,*J. G.*, *Stanley*,*G. J. and Slee*, *O. B*.Nature,1949(164):101

[14] *Шкловский*,*И. С*.АЖ,1953(30):15

[15] *Hanbury*,*Brown and Hazard*.Nature,1952(170):364

[16] *Shakeshaft*,*J.*, *Ryle*,*M.*, *Baldwin*,*B.*, *Elsmore*,*B. and Thomson*,*A. J*.Memoirs of Royal Astronomical Society,1955(67):106

[17] 《宣祖实录》,178 页。

[18] *Baade*,*W.*, Ap. *J*.1943(97):119

[19] Mills, B., Little,A., Sheridan,S. *Australian Journal of Physics*,1956(9):84

[20] Needham, J. *Science and Civilisation in China*.1959(3):424

[21] Шкловскнй,И.С. АЦ,1953.143;*Доклады АН СССР*,1954(94):417

[22] Шайн Г.А.и Газе,В. Ф. *Доклады АН СССР*,1954(96):713;*АЖ*,1954(31):409

[23] Шкловскнй,И. С. *Доклады АН СССР*,1954(97):53

[24] Wilson,R. W.*A. J*.1963(68):181

[25] Wilson,R. W. and Bolton,J. G. *PASP*, 1960(72):331

[26] Steinberg, J. L. et Lequeux, J. *Radioastronomie*.1960. 237

[27] Payne-Gaposchkin, C. *The Galactic Novae*.1957.263

[28] Псковский,Ю.П. *АЖ*,1963(40):3

[29] Barhebraeus. *Arabic History of Dynasties* (Pocock E.英译,1663).

[30] Ibn al-Athir. *Kamil* (Chronicon quod perbectissimum inscribitur.Leiden,1851—1876).

[31] Schonfeld,E. *Astronomishe Nachrichten*.1891(127):153

[32] Шкловский,И. С. *Труды четвертого совещания по вопросам космогонии*.1955.77

[33] Kraft. *Ap.J*.1964(139):457

[34] Harris,D. E. *Ap. J*.1962(135):661

[35] Minkowski, R. *Paris Symposium on Radio Astronomy*.1959.315

[36] Zwicky,F. *PASP*.1961(73):351

[37] Opik, E. *Irish Astronomical Journal*.1953(2):219

[38] Struve,O., and Zebergs, V. *Astronomy of the 20th Century*.1962.349

[39] Shapiro, M. M. *Science*.1962(135):175

[40] Schwarzschild, M. *Structure and Evolution of the Stars*.1958.280

Ancient Novae and Supernovae Recorded in the Annals of China, Korea and Japan and Their Significance in Radioastronomy

In this paper is presented a new revised catalogue of ancient novae, being a supplement and correction of a paper published in 1955. The first section describes the criteria of selecting the items which may be regarded as nova and gives the resulting list. Up to 1700 there are all together 90 items of novae observed in China, Korea, and Japan. In comparison with the former paper only 53 items are retained in the table, and 37 items are newly added. In the second section are discussed 12 possible supernovae and their identification with 11 radio point sources. The third section deals with the spatial distribution of supernovae and it is found that the frequency of occurrence of supernova in the Milky Way is about one in every 50 years on the average.

〔原刊《天文学报》,第 13 卷,第 1 期,1965 年 6 月;英译见美国 *Science*, Voll. 154, No. 3749, 4 November1966; 又见美国航天航空局单行本:NASA TTF-388, 1966〕

朝鲜朴燕岩《热河日记》中的天文学思想

《热河日记》是18世纪朝鲜著名的文学作品之一，是朝鲜有名的作家和思想家朴趾源的代表作，是中朝友好关系史上的一个纪念碑。

朴趾源(1737—1805)，字仲美，因为他隐居在黄海道金川燕岩峡，故号燕岩。1780年曾到中国来。回国后，仍住燕岩峡，从事著述，写在中国的见闻记，于1783年完成了《热河日记》26卷。在《热河日记》中作者以散文笔记的形式，记述了他从鸭绿江边直到今河北承德，数千里途中所看到的当时中国的政治、经济、文化、风俗、制度、历史、古迹和人情等，同时也提出了与朝鲜人民的生活迫切有关的许多问题，并力图提出解决方案。例如，他在《车制》一文中说："灌田曰龙尾车、龙骨车、恒升车、玉衡车；救火有虹吸鹤饮之制；战车有炮车、冲车、火车。俱载《泰西奇器图》、康熙帝所造《耕织图》，其文则《天工开物》、《农政全书》，有心人可取而细考焉，则吾东生民之贫瘁欲死，庶几有瘳耳。今以吾所见救火之制，将归谕我东。"难能可贵的是他不单纯介绍车制，而且指出朝鲜不大使用车辆的原因，是由于统治阶级的无为无能所致，因而这部巨著也反映了当时朝鲜的政治、经济、文化状态和朝鲜人民的愿望与思想动态。正因为如此，害怕人民真实呼声的反动统治阶级便把《热河日记》看做不纯正的书籍，而禁其传布。直到1916年才由朝鲜诗人金泽荣在上海编纂刊行，而燕岩全集直到1932年才在汉城出版。

《热河日记》共20万字，其中有描写知识分子参加农民起义企图建立没有剥削没有压迫的平等社会的《许生传》，有论述美学思想的《滦河泛舟记》，有讨论古代音乐的《忘羊录》，有探讨讽刺文学理论的《十可笑》，内容非常丰富，值得从各方面进行研究。本文只准备探讨一下它在天文学上的贡献。

1780年阴历八月十三日的晚上，当朴燕岩和奇丰额(丽川)在热河明伦堂赏月于栏杆下的时候，燕岩说："地之本体，团团挂空，无有四方，无有顶点；亦于其所旋如楔子，日初对处为朝暾乎？地球益转与初对处渐违渐远，为中、为昃、为昼夜乎？譬诸窗眼，漏纳阳光如小豆子，窗下置磨对光射处，以墨识之于转磨，墨守其阳不迁徙乎？抑相迤迁不相顾乎？及磨一周，复当其处，阳墨才会，瞥然复别。地球一周，而为一日，亦若是乎？又于灯前，试观纺车，纺车转处，面面受明，非彼灯光绕此纺车；地球晦明，亦若是乎？"奇丽川听了以后，大笑说："奇论！奇论！"其实，他在前一天与鹄汀(王民皞)笔谈时已经详论此事："西人既定地为球，而不言球转，是知地之能圆而不知圆者之必转也。故鄙人妄意以为地一转为一日，月一匝地为一朔，日一匝地为一岁。看彼猫睛亦验地转，猫睛有十二时之变，则其一变之顷，地已行七千余里。"由此可见，朴燕岩已经认识到地球在自转，自转的速度是"每时"(等于我们现在的2小时)7 000余里(按当时认为地球的周长是9万里，应合"每时"行7 500里，他取的是约数)。他所持的理由今天看来不足为取，因为圆和转并没有必然的联系，而且圆球体因为自转要变扁。但是在当时来说也只有这个理由能说服人。哥白尼在他的《天体运行论》第四章里也是用同样的理由来论证地球的

自转的："对于一个球体来说，自转是自然的，而且正是由于这个行动，才把它的形状表现出来。"

朴燕岩的这一思想是从哪里来的？是受哥白尼的影响吗？不是。王民皞、奇丰额、朴燕岩都异口同声地说：西人始言地圆而不言地转，那些传教士并没有把哥白尼的先进学说带到东方来。燕岩的观点是朝鲜的学者们自发地产生的，他说："吾东近世有先辈金锡文为三大丸（日、月、地）浮空之说，敝友洪大容又创地转之论。"洪大容（1731—1783）字德保，号湛轩，是朴燕岩的最亲密的朋友，他两人上承50年以前的李星湖（1682—1763），下启30年之后的丁茶山（1762—1838），在朝鲜哲学史上形成了实学的中介时期。在李星湖所著的《星湖僿说》天地篇中，曾经详细地介绍了自1631年以来由北京传到朝鲜的汤若望等人带来的西洋天文学知识，说到日、地、月同为球形，日大于地，地大于月。在这本书里，李星湖只是对过去天动地静的说法表示怀疑，而以船绕着山转时见山转未觉得船动的理由，推测可能是天静地动，此外，他就别无其他具体的说明。如果在传教士介绍的天文书或天文图中对地转说有所说明，则在李星湖的著作中不可能没有反映。

当燕岩与王民皞谈话时，"金殁已百年"，可见金锡文是17世纪人，与洪大容没有见过面，他们二人之间没有师生传授关系。洪大容虽然于乾隆三十一年（1766）来过北京，并和传教士刘松龄（Augustinus Von Hallerstein）和鲍友管（Antonius Gogeisl）接触过，但从他的《燕记》中可以看出所谈纯属宗教事，与此无关。还有，如果洪大容接触到哥白尼学说，他就不会只简单地说地球自转，而不谈它的公转。

公元2世纪时，希腊天文学家托勒密反对地球自转的主要理由之一是：如果地球在自转，那么由于离心力的作用，地面上的物体都要被甩出去，甚至地球本身也要碎裂。在不知道万有引力定律的情况下，哥白尼在他的《天体运行论》第一卷第八章里对这个问题作了如下的反驳：假若地球的旋转会使地球分裂成许多碎片，那么这种情况对于天球来说就尤为严重；要知道天的球形体比之地球离开中心要远得多，因而它的离心力也要大得多。令人惊奇的是朴燕岩在他的《热河日记》中对这个问题的回答几乎和哥白尼的回答完全一致。他说："彼其惑者，谓地转时，凡载地者莫不颠倒、倾覆、坠落，如其坠落，归何地乎？信若是也，则彼丽空星辰河汉随气转者，何不颠倒坠落乎？"他并且进一步认为，地如果不动，那才是不可以理解的："若使太空安厝此地不动、不转，块然悬空，则乃腐水死土，立见其朽烂溃散，亦安能久久停住许多负载，振河汉而不泄哉！"

朴燕岩不但主张地球自转，而且和布鲁诺一样，主张天、地、万物（包括人在内）都是由同一物质——尘埃组成的，在一定地方，只要发展到一定阶段就会产生人类社会。他在《热河日记》中说："以吾等尘界想彼月世，则亦当有物积聚凝成，如今大地一点微尘之积也。尘尘相依，尘凝为土，尘粗为沙，尘坚为石，尘津为水，尘煖为火，尘结为金，尘荣为木，尘动为风，尘蒸气郁，乃化诸虫。今夫吾人者，乃诸虫之一种族也。……环此大地，定不知几处鳞皇，几位毛帝，则以地料月，其有世界，理或无怪。"

"若月中有一世界，自月而望地"，那又是怎样的呢？燕岩说："今夫地外环海，譬则大玻璃镜也。若自月中世界望此地光，亦当有弦、望、晦、朔。其面面对日处，大水大土，相涵相映，受照反射，递写明影，如彼月光遍此大地，其未几受日处，自当黯然如弦前初月留挂虚魄；其土肤厚处，当如月中暗影扶疏。"燕岩的这一论证，完全正确。将来我们乘火箭到月球上，从那里来看地球时，情形将是这样的。

在《热河日记》中燕岩更进一步提出：日、月、地在宇宙间并不占任何特殊地位。"自满天星

宿，视此三丸，其罗点太空，自不免琐琐小星"，而人们却妄自尊大地把列宿分配九州。于是他说："今吾人坐在一团水土之际，眼界不旷，情景有限，则乃复妄把列宿分配九州。今夫九州之在四海之内者，何异黑子点面，所谓大泽礨空者是也。星纪分野之说，岂非惑哉！"接着他又将天文学和星占学严加区分，痛斥"处士加足，客星犯帝座"之类的牵强附会，对历来的分野说和星占术作了坚决的批判。

燕岩的这些独到见解，使和他笔谈的中国学者王民皞和郝志成等屡屡称赞，在纸上打圈加点，说是"奇论快论，发前人所未发"。燕岩与鹄汀相处六日，而"每谈常苦日短"，八月十二日的一次笔谈，从早上五更点灯谈起，一直谈到下午六点，共约十四小时，易纸凡三十张，吃饭时也边吃边谈，充分体现了中朝两位学者间的亲密友谊。与此相反，当燕岩要求给他介绍一个西洋传教士相识时，鹄汀说："此等原系监中奉敕，道不同不相为谋！"

为了寻求真理，燕岩从热河回到北京以后，又直接去访问了天主堂，和传教士们谈了话。谈后他所得的结论是：基督教是妖邪悖说，他们所说的上帝创造世界的故事和关于天堂地狱的说教都是荒唐无稽的"佛家之糟粕"。在宗教和科学之间，燕岩能有这样敏锐的判断能力，这在当时来说是很不容易的。

从燕岩的所有谈话来看，从现有的历史资料来判断，燕岩的确没有受到哥白尼和布鲁诺等人学说的影响。在这种情况下，他能达到如此高的水平，不能不引为朝鲜人民的骄傲，同时也为东方科学史写下了光辉的一页。

参 考 文 献

朴燕岩.燕岩集.汉城：1932.

金河明.燕岩朴趾源(陈文琴译).商务印书馆，1963.

崔益翰等.朝鲜封建末期先进学者.新朝鲜社，1955.

金河明.朴燕岩的《热河日记》.新朝鲜社，1960(119).

田村专之助.李朝学者の地球回转说について.科学史研究，1954(30)；东洋人の科学と技术.东京，1958.

山口正之.近世朝鲜における西学思想の东渐とその发展.小田先生颂寿纪念朝鲜论集．汉城：1934.

山口正之.清朝における在支欧人と朝鲜使臣.史学杂志．1933(7)：44

藤塚鄰李朝の学人と乾隆文化.朝鲜支那文化の研究.东京，1929.

洪以燮.朝鲜科学史.东京：1944.

Nicolaus Copernicus. De Revolutionibus. translated by John F. Dobson and Selig Brodetsky. Occasional Notes of the Royal Astronomy Society, 1947(10).

〔原刊《科学史集刊》，第8期，1965年〕

宇宙剪影

一 天是什么

天是什么？我国晋代的学者张湛在注《列子》的时候，下了个定义说："自地以上皆天也。"这句话现在看来是正确的。我们可以说，处在地球以外的一切客观存在都是天。天和地又是相对的，从别的星球上来看，我们的地球也是天上的一个东西——天体。

其他天体，例如太阳、行星、恒星等，和我们地球的位置关系，自古以来人们都很关心。在我国有所谓"盖天说"和"浑天说"。盖天说起初主张天像一把张开的伞，地像一个棋盘，也就是说天圆地方。这个说法后来遭到曾子和屈原等人的反对，又修改成天像一顶圆帽子，地像一个倒扣着的盘子，天在上，地在下。浑天说主张："天圆如弹丸，地如卵中黄；天之包地，犹壳之裹黄"。这两派学说相互斗争了好几百年，最后浑天说才取得了胜利。在欧洲，从亚里士多德和托勒密开始，认为天是一个巨大的水晶球，我们所看见的万点明星，都镶嵌在这个大球上，地球则处在大球的中心。

以上这些看法，包含着三大错误：一是把天当成了固体的圆球，是有限的；二是天动地静；三是把地当做了宇宙的中心。我国在汉朝的时候，有一派学说，叫做"宣夜说"，它避免了第一个错误。宣夜说主张，天高穷于无穷，日、月、星星飘浮于太空之中，无所根系，自由运动。第二和第三个错误，到了哥白尼才基本上得到克服。哥白尼认为太阳处在宇宙的中心，地球一方面绕轴自转，一方面绕着太阳公转。我们所看到的昼夜变化和四季变化，就是地球自转和公转的反映。

哥白尼死后，他的学说由意大利学者布鲁诺作了进一步的发挥。布鲁诺认为，天是无边无际的；恒星是巨大的天体；太阳也不过是恒星中的一个，并不是宇宙的中心；有些恒星的周围可能有地球一类的行星；这些行星上也可能有和人一样的生物。布鲁诺的这些说法是和当时的传统观念针锋相对的，因而受到了教会的极端仇视和迫害。罗马宗教裁判所在把他关了八年监狱之后，于 1600 年 2 月 17 日用火刑把他烧死在罗马的百花广场上。

但是，真理是不以人们的意志为转移的，再残酷的刑罚也阻止不了科学的发展。布鲁诺死后不到九年，另一位意大利学者伽利略就发明了望远镜，开辟了人类探测宇宙的新时代。从那时起，这 300 多年来，人们用望远镜和光谱仪等探测天空的结果，愈来愈证明布鲁诺的观点是正确的。今天我们知道：地球是太阳系的一个成员，在太阳系外面还有千千万万个太阳，这些太阳组成银河系；在银河系外面还有千千万万个银河系；宇宙是无限的。

二 关于月亮的新闻

月亮是离我们最近的天体，又是星际航行的第一个目标。自 1958 年以来，全世界对于它

的研究大大加强。现将一些重要结果分述如下：

一、不圆。初看起来，月亮是圆的，其实不然。月亮老以同一面对着地球，地球的引力作用使它向着地球的一面有一个隆起部分，这方向的直径最长。月球在自转着，自转的东西要使它本身变扁。对月亮在地球上的投影的精确观测表明：月亮不是正圆形。

二、不白。“床前明月光，疑是地上霜。”这说明月光是白的。但月光是日光的反照。观测表明，月亮的反光本领是很小的，只能把落到它上面的日光的百分之七反射出来。大家知道，物质越黑，反光本领越小。地面上最暗的岩石（玄武岩）的反照本领比月面还大一倍，所以月面表层一定是漆黑一团。

三、过去认为，月亮上最高的山莱布尼兹山是 9 000 米，比我们的珠穆朗玛峰还高。1962 年精确测量的结果，它实际上只有 5 970 米，比处在坦噶尼喀的非洲最高峰（5 967 米）略高一些，比珠穆朗玛峰低得多。

四、月球的引力很小，不足以保持住周围的大气，但是还有一点大气。观测表明，它的密度大概是地球大气的 10 亿分之一到 1 万亿分之一。它有两个来源：一个是由内部喷出的气体，一为太阳风。1958 年 11 月 3 日发现阿尔芬斯环形山中央峰有爆发，喷出了一些气体。一些环形山和其他特征的忽隐忽现，也被认为同喷气过程有关。太阳风就是太阳的微粒辐射，它使得月亮周围经常有一个密度约为每立方厘米 10 万个质子和其他质点的大气。

五、月亮上的一昼夜等于我们夏历的一个月，白天和黑夜都长到两星期多。因为昼夜延续的时间太长，加上空气稀薄，所以温度变化非常厉害。中午热到 116 摄氏度，半夜又冷到零下 151 摄氏度。但是，这样的剧烈变化只发生在月亮表面很薄的一层，表面下一米多深的地方，温度几乎是固定的，约为零下几摄氏度。因此，将来人到月亮上以后，只要挖一个不深的地洞（应该说是月洞），就可以解决温度问题。

六、月亮的运动规律是天文学家最伤脑筋的事。20 世纪初年，布朗推出的月亮运动公式包含有 1000 项以上，写满了 256 页，但还是不能令人满意。这几年用电子计算机进行计算，准确度有所提高，但还是有偏差。为了满足星际航行学的需要，还得进一步改善。

从上述可以看出，由于星际航行学的需要，由于新技术的出现，近六七年来在月球研究方面取得了许多新进展，但也还存在不少问题。有些问题，在人登上月球以后可以较为容易地解决，如月面表层的结构和月面的物理条件等；有些问题，就是到了那个时候，也还得长期努力，如月球的内部结构和月球的历史等。正如毛泽东在《实践论》里所说：“客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。”

三　太阳的年龄和寿命

用科学仪器可以测量出，太阳每分钟垂直落在地面一平方厘米上的热量，等于 1.94 卡，这叫做太阳常数。从太阳常数和太阳的平均距离，很容易算出太阳每秒钟辐射的总能量是 90 亿亿亿卡，这数值相当于一秒钟内燃烧 1 亿亿吨煤所产生的热量！而落到地球上来的只是它的 20 亿分之一。

这样大的能量是从哪里来的？如果太阳是一个巨大的煤球，那它的质量只能维持现在这样的辐射强度约三四千年之久。在此以后，这个煤做的太阳便会消失掉。否则，就必须每月往这巨大的“炉灶”里添加 20 个地球这么大的煤球，才能使太阳光不至于减弱，这显然是不可能的。

为了解决这个问题，1854 年以来，科学家们先后提出了不少学说，如体积收缩说、陨星降落说、放射性元素蜕变说，等等。但是计算表明，这些能源只能维持太阳几百万年或几千万年。可是地质学的考察资料告诉我们，太阳至少已经 40 亿岁了。这个理论与实践上的矛盾，到了 1939 年才由于相对论和原子核物理学的发展，基本上得到了解决。现在我们知道，太阳的能源是氢聚变为氦的热核反应。在太阳的中心，温度高达 1 500 万摄氏度，密度达水的 100 倍。在这样的条件下，4 个氢原子核会聚变为 1 个氦原子核，同时放出巨大的能量。例如，1 克氢转变成氦的时候，放出的能量相当于燃烧 15 吨汽油。原子能虽然如此巨大，但在太阳上，每 1 秒钟仍然需有 5 亿吨的氢聚变成氦，才能维持住现在这样的辐射本领。

1 秒钟消耗 5 亿吨，1 年就得消耗 1 亿亿吨！幸而氢是太阳上含量最丰富的元素，占总质量的百分之八十以上。过去维持了 40 亿年毫无问题，今后呢？太阳上的氢含量还有 1 000 亿亿亿吨，也就是说，太阳的寿命还有 1 000 亿年。

不过，不能这样形而上学地进行计算。从理论上和观测其他恒星得知，当聚变形成的中心氦区增长到占太阳总质量的百分之十的时候，量变会引起质变，这时，它的内部矛盾激化起来：中心温度急剧升高，体积收缩，收缩时产生的能量促使外层里的矛盾向它的对立面转化，外层体积膨胀，表面温度降低，于是，太阳就要由现在的状态转变为体积大、密度小的红巨星，像参宿四或心宿二那样。

太阳离这一质变阶段，约还有 70 亿年。到了那时，太阳要比现在亮 100 倍，但这是“回光返照”，只能维持约 10 亿年的时间，然后就要暗淡下去，最后走上熄灭的道路。

太阳熄灭以后，人类怎么办？我们并不悲观。在有史以来几千年的发展中，人类已经掌握了原子能，发射了宇宙火箭。几十亿年和几千年相比，简直可以说是无穷大；而人类在消灭了剥削制度以后，科学技术又将以更高的速度发展，到那时，人类一定能创造出新的能源来代替太阳的。

四　行星世界

在太阳周围，围绕着太阳转的有九个大行星。离太阳由近到远，它们是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。这九大行星，仪表和个性各不相同。木星既胖且重；水星非常瘦小；土星的腰里围着一个大圆环，从望远镜里看去，很是好看；火星是个粉红色的世界，表面上有许多线纹构成网状的图案。从特性之中找共性，我们仍然可以发现，它们之间的共性还是不少：

在物理性质方面，除了离太阳最远的冥王星外，八个大行星可以分为两类。水星、金星、地球和火星属于地类行星，它们都比较靠近太阳，卫星少，自转慢，质量小，密度大，主要是由重元素组成的。木类行星（木星、土星、天王星和海王星）完全是另一回事，它们的卫星多，自转快，质量大，密度小，主要是由最轻的气体（氢和氦）组成的。

在运动情况方面，所有的行星都以近乎圆形的轨道，并且几乎在同一平面上，向着同一方向（由西向东）围绕着太阳公转，太阳本身也朝着这一方向自转，而且它的赤道面又和行星轨道的平均平面很相一致。

在空间分布方面，行星跟太阳的距离和行星的质量有关系。地类行星，一个比一个约远一半；木类行星，一个比一个约远一倍。

面对着这样多的规律，人们不免要问，它们是否有起源和演化上的联系？康德首先试图回

答这个问题,恩格斯给了他很高的评价。近几十年来,观测资料越来越丰富,学说又提出了十几个,但还没有得到一致的结论。目前多数人的看法是:太阳和行星是由同一团弥漫物质形成的,这团物质被称为"原始星云"。组成原始星云的质点的运动速度是多种多样的,它们逐渐按照速度而分化,速度小的集结于中心,这部分后来形成太阳;速度大的集中于外围部分,后来形成行星和卫星。太阳和行星的物理性质不同,是由质量的不同而引起的,当质量不到太阳的二十分之一时,所形成的天体就不可能进行热核反应,就不会发光发热,而成了行星。至于行星和太阳在化学成分方面的差异,则决定于行星形成以后的发展道路,被它的质量和它离太阳的距离所决定。地类行星由于离太阳较近,温度高,损失了大量的轻元素;木类行星离太阳远,温度低,轻元素损失少,所以这些行星的成分,很像太阳,氢和氦最多。

原始星云在分化的过程中,可能先形成一个恒星,如果剩下的物质还有很多,就再形成另一个恒星,而得到双星;如果剩下的物质很少,则只能形成环绕恒星转动的彗星和流星;如果剩下的物质不多也不少,则形成一个行星系统。今日观测到的年轻的恒星,有许多周围都还有弥漫物质,似乎都有可能形成行星系。在一些年老的恒星附近,近几年也发现可能有行星系统存在。天文学早已证明:太阳只是千千万万恒星中的普通一兵;现在又证明,我们的行星系统在宇宙间也是普遍存在的。

五 北极星的变迁

大家都知道,北极星可以给我们指示方向。然而,这也是历史的、有条件的。事实上,没有一颗星能够永远保持北极星这一特殊称号。5 000 多年前,埃及人建造金字塔的时候,天龙座阿尔法星(右枢)是北极星。2 000 多年前,司马迁在《史记·天官书》里所说的"中宫天极星,其一明者,太一常居也",又指小熊座贝塔星(帝星)是北极星。今天我们所说的北极星是小熊座阿尔法星(勾陈一),目前它离北极不到一度,而且还正在接近,到公元 2100 年时,它离北极最近,只有半度;从此以后又渐渐离开。到公元 13600 年时,大名鼎鼎的织女星将成为北极星,这个称号在其头上约可保持 3 000 年,然后又得让位给别的星。

由于北极星的变迁,一个地方所看见的天象也随时代而不同。例如,现在冬季里辉煌灿烂的天狼星和参宿七,到公元 13000 年时,将永远处于北京的地平线以下,我们的后代将会看不见。所以如果相隔的时间较久,我们便不得不重新描绘我们的星图。

对于北极星的这种变迁,以及由此而引起的恒星位置的变化,可以由很精确的数学公式计算出来,这叫做岁差。这种岁差运动,早在公元前 2 世纪已被希腊天文学家依巴谷发现;公元 4 世纪,我国晋代天文学家虞喜也独立地发现了这一现象。但是,一直到 1687 年牛顿才说明了它的原因。

原来,岁差运动并非恒星本身所有,而是地球一种运动的反映。地球除了自转和公转以外,它的自转轴还循着与地球自转相反的方向在天空里运动,每 26 000 年 1 周。这是由太阳和月亮对于地球赤道隆起部分的吸引而产生的。假若地球是个正圆形,就不会有这现象。现在地球两极扁平,赤道部分隆起,当太阳或月亮处在地球赤道平面以外的时候,它对于隆起部分远近两边引力大小不同,因此就有扳动赤道平面的倾向,而地球的自转又对这倾向进行反抗。这情况很像小孩子玩的陀螺,其结果是使它的自转轴在空间里扫出一个圆锥面,也就是说天极在星空里画出一个圆,而黄极就是圆的中心。

但是,太阳和月亮位置变动很大,有时在地球赤道的平面上,有时离平面相当远;有时在平

面的这一边，有时在那一边。因此，地球赤道隆起部分所受的力常有变动，而天极也就不能平稳地沿圆周运动，只得左右摆动、时快时慢地往前行。这种摆动现象，叫做章动。章动具有周期性，周期为 18.6 年。

还有，作为岁差运动圆心的黄极，在天空里也不是不动的。由于地球遭受别的行星的吸引，地球绕太阳运动的轨道（黄道）平面也在缓慢地摆动，因而黄道平面的极（黄极）也在移动，虽然每百年只移动 47 秒。

这些现象的联合作用，就使得天极在星空里走螺旋形曲线，而永远不能再回到它的出发点。

六　恒星在运动中

在自然界里没有绝对的静止，一切都在运动着。恒星的这个“恒”字并不完全确切。1718 年英国天文学家哈雷把他所测定的天狼、大角等四颗亮星的位置和公元 2 世纪希腊天文学家托勒密所测定的相比时，发现了这四颗星在天球上的位置确有变化，而这变化不能用岁差、章动等现象来解释。

哈雷所发现的这种现象叫做自行，它是一年中恒星在空间所走过的距离在天球上的投影。用照相方法，现在已经测出 20 多万颗恒星的自行。一般说来，离我们近的恒星自行大，远的自行小。已知自行最大的是巴拿德所发现的“飞星”，它每年移动十又四分之一秒，大约要 370 多年才能移动一度。肉眼看得见的星，自行的平均值只有十分之一秒，所以星座的形状几千年来看不出有什么显著的变化。时间更长一点，就可以渐渐看出不同来了。20 万年以后的北斗七星和现在将要差得很多，认都认不出来了。

除了自行以外，恒星还有一种向我们走近或离开我们的运动，叫做视线运动。从恒星光谱的谱线位移可以算出恒星的视线速度。目前已经测出约 16 000 颗星的视线速度，其中绝大多数是每秒几千米或几十千米，但也有快到每秒 500 千米的。

如果测定了恒星的距离、自行和视线速度，便很容易算出它们在空间对于太阳而言的运动速度，也叫做空间速度。研究的结果是：质量越小的星，空间速度越大，最快的可能超过每秒 800 千米！

太阳是一颗恒星，当然也在运动。太阳和太阳系里所有的天体都在以每秒 20 千米的速度向织女星附近的一点前进，这一点叫做奔赴点，每年前进的距离约等于 6 亿千米。

把太阳的运动速度从恒星的空间速度里扣除掉以后，就得到恒星的真正运动情况，叫做本动。恒星的本动也是有规律的：沿银河平面运动的恒星多，垂直于银河平面运动的少。这和马路上的行人一样：顺着大街走的多，速度也比较快；横穿马路的少，速度也小。

恒星不但在空间运动，同时也在自转。一般地说，黄颜色的星转得比较慢，例如，太阳赤道上的转动速度只有每秒 2 千米；蓝色星或白色星自转较快；转动最快的，赤道速度可达每秒 300 千米！

“一切所谓永恒的都是可变的，动的物质之永远的周转才是最后的结论。”恩格斯在《自然辩证法》里说的这句名言，在恒星的研究中，得到了令人信服的证明。

七　太阳系的小天体

在太阳周围，围绕着太阳运行的，除了九大行星以外，还有众多的小行星、彗星、流星和各种各样的气体及尘埃。小行星中最大的一个叫做谷神星，质量只有地球的八千分之一，直径是770千米。彗星虽然体积很大，但质量只有地球的几百万分之一，有的甚至只有十亿分之一。

用现在世界上最大的望远镜所能看到的最小的小行星，直径只有1 000米。就大小来说，这已经和最大的流星很相近。流星落在地球上，叫做陨星。美国亚利桑那州的陨星坑，周围就有1.5千米，深约200米。

流星和小行星在形状、颜色、反光本领等方面，也有很多相似之处。有人认为，这类小天体的直径越小，数目越大。例如，直径在200千米以上的大型小行星只有6个，而已知小型的小行星已有1 600多；落到地球上来的大流星不多，但你若去注视夜晚的星空，每小时总可以看到好几个小流星。

最小的流星和行星际尘埃并无区别。正是聚集在黄道上(行星轨道平面上)的大量的尘埃造成了有名的黄道光——微弱发光的锥形体。在春季没有月亮的晴天，夕阳西下以后，在西方天空可以看到黄道光；秋季旭日东升以前，在东方天空也有这种光。

流星和彗星显然具有演化上的联系。1846年人们亲眼看见比拉彗星一分为二，分裂后的两个小彗星之间的距离不断增加，最后达到38万多千米。1852年两个彗星再度回来，它们间的距离又增大了10倍。那一年以后，再没有看到这两颗彗星。但根据计算，每隔六年半这两颗彗星应回来一次。1872年比拉彗星最近地球，经天文工作者细心观测，并未发现。而在同年11月27日的夜里，当地球穿过比拉彗星的轨道时，却看到一阵极大的流星雨，所有流星好像是从仙女座里一点散开似的。计算结果表明，这一点正好是当时比拉彗星所在的位置。这表明，比拉彗星已经粉身碎骨，而转变为一群流星了。这个流星群直到今天还在每年11月底出现，不过由于它在轨道上逐渐散开，从地球上看来，这个流星雨已经一年比一年来得弱了。我国自古以来，就把“彗、流、陨”相提并论，今天看来，这些小天体的确具有统一性，彼此联系，而且不断转化。

八　星的数目、亮度及其他

晴朗的夜晚，我们仰望天空，只见繁星满天，似乎不可胜数。这个印象不很对。肉眼能见的星不是数不完的，眼力顶好的人，可以看到6 500多颗星；眼力差一点的人，就看不到这么多。又因为在同一时间里，只能看见天球的一半，还有近地平的部分被房屋、树木、高山遮住，再加上城市灯光的干扰和大气的吸光，所以一个人用肉眼看星，在同一时间，还见不到3 000颗。但若用望远镜看，星的数目便大为增加，而且望远镜越大，所能看到的星越多。

我们看星的第二个印象是星的亮度相差很多，有的很亮，有的几乎看不见。公元前2世纪依巴谷就按照这种亮度的不同，把星分为六等。但一直到1850年，星等才有了准确的定义：把牛郎和毕宿五的平均亮度当做一等星，一等星比肉眼刚能看到的六等星亮100倍，所以星每差一等，亮度便差两倍半多一点(成等比级数)。比一等星还要亮的叫做零等星，更亮的叫做负一等星、负二等星……太阳最亮，是负二十七等星。比六等星更暗的叫七等星、八等星……用现在最大的望远镜，经过几小时的露光，在照相底片上能看到二十三等星，它的亮度只有一等星

的10亿分之一。

但是这决不意味着恒星的发光本领相差10亿倍。由于距离不同,看起来很亮的星并不一定真的很亮。假若甲乙两星的发光本领相等,而甲星和地球的距离比乙星远一倍,那么在地球上的我们看来,甲星的亮度便只有乙星的四分之一,这就是光学里的平方反比定律。

说到恒星的距离,那真是遥远得很!用最细最轻的蜘蛛丝缠绕地球赤道1周只需要1000克的材料;若要将地球和太阳连起来,也不过4吨就够了;但若想用它来连地球和离我们最近的一颗恒星(比邻星),却非100万吨不可!对于这样遥远的距离,用千米做单位来量度,数目就太庞大,很不方便。所以天文学家采用了一个新的单位:光年。光每秒钟走30万千米,在1年中约走10万亿千米。离我们1光年的星,按说已经很远,但比邻星的距离并不是1光年,而是4光年又4光月。在银河系中,离我们最远的恒星相距约7万光年。

对于这些远近不同的恒星,我们可以用数学方法把它们换算到同一距离上来比较它们的亮度,从而求得它们的真正发光本领——光度。所得的结果是:太阳只是一个中等角色。比太阳亮的叫做巨星或超巨星,超巨星的光度可达太阳的50万倍。光度比太阳小的叫做矮星或亚矮星,亚矮星的光度有的只有太阳的几十万分之一。

后来进一步的研究表明:巨星的体积很大,矮星的体积很小。已知体积最大的星的直径为太阳的2000倍,可以把远至木星在内的太阳系六大行星连同太阳一起包含在内。1964年发现的最小的一颗白矮星,其直径还不到月亮的一半,而月亮的直径只有太阳的四百分之一。

巨星的体积虽然很大,但质量并不特别大,这就使得它的密度很小。最大恒星的密度只有地球大气的12万分之一,简直接近真空。矮星刚好相反,最小恒星的密度是水的1亿倍,换句话说,就是1立方厘米内所含的物质竟有100吨!

太阳的质量是地球的33.4万倍。质量最大的恒星不超过太阳的200倍,最小的不小于太阳的十分之一,彼此悬殊并不大,普通的都和太阳差不多。由此可见,恒星的物质含量(质量)是它的主要性质,它决定着其他的性质。质量只要有少量变化,便会引起其他性质(体积、光度、密度等)的显著变化。

九　恒星的"集体生活"

在北方的天空,有七颗亮晶晶的星星,排列得整整齐齐,组成一个熨斗的样子,这就是有名的北斗七星。在无云无月的夜晚,我们注目斗把子中间的那颗开阳星,便会发觉在它的附近有颗小星。这小星的中国名字叫"辅",阿拉伯的名字叫"阿尔考"。阿尔考的意思是测验,古代阿拉伯国家在征兵的时候,就用它来测验新兵的目力。

天文学家们的长期观测发现,开阳和辅并不只是由于从地球上看来它们的方向差不多,因而在天球上才靠得很近,而是确有联系:它们运动的方向和速度都一样,而且一面走,一面在围绕着一个公共重心旋转。两个星在一起而又符合这三个条件的,天文学上叫做双星。

1650年意大利天文学家利契阿利用望远镜一看,发现开阳本身也是一对双星,它们的亮度差不多相等。光谱仪发明以后,自1899年以来,陆续发现开阳本身是由5颗星组成的,辅也是由两颗星组成的。这样,从肉眼看来是一对双星的开阳和辅,竟是由7颗星组成的一个小组,这在天文学上叫做聚星。凡是3颗星以上组成的星组,都算聚星。

时至今日,人类发现的双星和聚星已达数万之多。平均每3颗星中便可能有1颗是双星或聚星。拿距离我们16光年以内的42颗星来说,就有9颗是双星,2颗是三合星。在剩下的

31 颗星里面,又发现 4 颗有暗伴星。可见双星和聚星在恒星世界里是一种普遍现象。

比聚星更高一级的组织是恒星的集团,简称星团。按照成员星的多寡和组织的松紧程度,星团又可以分为两类:球状星团和疏散星团。同一星团里的恒星,其运动方向和步调都是一致的,而且靠着彼此间的吸引力组织在一起。

金牛座里的昴星团是疏散星团中最著名的一个,我国民间称它为七姊妹。但是用望远镜来看时,就会发现七姊妹并不只 7 颗星,而是由 280 颗星组成的。这个星团距离我们约 300 光年,它的成员正以每秒 20 千米的速度向参宿七的方向前进。

最近最亮的两个球状星团都处在南天,我国境内无法看见。在我国境内,用肉眼能够勉强看到的球状星团,只有武仙座的一个。它和我们相距 3.4 万光年,它所包含的恒星只有比太阳还亮的才可以看见;不比太阳亮的星,就是用最大的望远镜也看不见。虽然如此,能看见的星数也在 5 万以上,比肉眼同时在天空能看见的星数已多出 20 倍。最密部分的直径约有 16 光年,外侧较为稀疏部分的直径约 100 光年。就是在这稀疏的部分,每单位体积内恒星的数目比太阳周围每单位体积的平均星数还多得多。所以我们如果能够搬到这个星团里生活的话,那夜晚才真是星光灿烂哩!

十 不稳定星

“无论什么事物的运动都采取两种状态,相对地静止的状态和显著地变动的状态。两种状态的运动都是由事物内部包含的两个矛盾着的因素互相斗争所引起的。”(《矛盾论》)恒星内部的主要矛盾是吸引和排斥,这两个矛盾着的因素在互相斗争着,当双方势均力敌时,恒星就处于稳定状态。太阳目前就处在这样的状态。当然,这个稳定也是相对的。事实上,太阳表面也经常发生局部爆发,这时候,排斥成了矛盾的主要方面,大量的微粒辐射和电磁辐射猛烈地抛出。1960 年 4 月 28 日我国南京紫金山天文台就观测到了一次大爆发,爆发表积占太阳表面积的千分之一左右。

和太阳这类相对静止状态的恒星来比,有些恒星则具有显著变化的特点。这类恒星叫做不稳定星,也叫做变星。变星的种类很多,大致上可以分为爆发式和非爆发式两大类。非爆发式变星的特点是:光变幅度不大,光变速度不快,光变原因是由于恒星本身不断地膨胀和收缩,所以也叫做脉动变星。

脉动变星的典型例子是“造父一”。它在最亮时比在最暗时约亮两倍多,光变周期是 129 小时。从最暗到最亮升得很快,只要 30 小时便经过这一阶段,其余的时间是从最亮降到最暗。这类变星有两大特点:一是光变周期越长,密度越小;二是光变周期越长,光度越大。这两个特点非常重要,前者可以用来求出该星的直径和密度,后者为我们提供了一把量天尺。天空里的星团或星系,不管它是如何远处天之涯,只要其中含有这类变星,我们便可夜夜观测,将其变光周期和平均视星等测定,从而求出它的距离。

爆发式变星中最突出的两种是新星和超新星。一颗恒星,它的亮度在几天之内突然增加几千倍、几万倍的,叫做新星;增加几千万到几亿倍的,叫做超新星。我国古代保存有世界上最早和最多的新星和超新星纪录。远在殷代的甲骨文中就有新星出现于天蝎座的记载。公元 1054 年出现于金牛座的超新星,只有中国和日本有纪录。根据这些纪录所绘出的光变曲线,和近代天文学观测别的超新星所绘出的光变曲线几乎完全一致,这充分说明东方古代的天文学家们是有其卓越贡献的。

超新星爆发时，都要抛射出大量物质，在其周围形成一个膨胀的气体外壳。著名的蟹状星云就是1054年超新星爆发时喷射出来的。考虑到这个星云跟我们的距离是4 000光年，也就是说，我们今天所看见的它的光，实际上是4000年以前发出来的，它也不过5 000岁，年轻得很！如果把一般数以亿年计的天体的高龄比做百岁老翁，蟹状星云便是呱呱坠地的婴儿！

这个新生的婴儿，给我们带来了广阔的研究领域。1949年发现它是一个无线电辐射源，1960年发现它是一个伽马射线源，1963年发现它是一个爱克斯射线源，从理论上讲，它又是一个宇宙射线源！为什么它能产生这些东西呢？这需要原子核物理学等许多尖端科学来回答。

十一　星际物质

恒星和恒星之间，肉眼看来好像是没有东西的地方，实际上也不是一无所有。到处都有物质，不过密度很小而已。分布于星际空间里的物质，叫做星际物质。又因为这种物质没有形状，没有明显的边界，所以也叫做弥漫物质。弥漫物质是由小的固体质点和单个原子或分子构成的。前者称为星际尘埃或宇宙尘，后者称为星际气体。

星际气体中以氢最为丰富。氢以外还有氦、氧等许多种元素的原子和离子，还有氰、碳氢化合物等多种分子。氢虽然最多，但发现得最晚，因为它大多是处于中性状态，它所产生的吸收线位于光谱的远紫外区，用光学办法我们观测不到。幸而无线电天文学为我们打开了另一扇天窗，1945年有人从理论上预告，这种中性氢应该放射出波长21厘米的无线电波，1951年三大洲的无线电天文观测站同时发现了这种电波。从此中性状态的星际氢才成为可以直接研究的对象，并且在近几年中取得了很大的成绩。

除中性氢以外，在星际空间还有电离了的氢原子，不过是在高温恒星的附近。高温恒星的紫外辐射使氢原子的电子与原子核（即质子）脱离，即使氢原子电离。电离氢区域的大小决定于恒星的大小和温度，也决定于星际气体的密度。恒星的温度愈高，体积愈大，则造成的电离氢区域也大。另一方面，星际气体的密度愈大，则能造成的电离的范围愈小。

由于高温恒星在空间的分布是极不均匀的，所以由氢原子的电离而产生的自由电子的密度也就各处不一样，于是微弱的电流发生了，微弱的电流又引起微弱的磁场。磁场一经产生，就和星际气体中的带电质点（例如质子）相互作用，交换能量，这是一个复杂的过程。对这些问题的研究，现在形成了一门新的学科，叫做宇宙电动力学。

有星际气体的地方，也就有星际尘埃，它们常常是混杂在一起的，不过各个地方的比例可能不同。星际尘埃大多是由半径为十万分之一厘米的固体质点构成的，它像烟雾一样横亘在我们和遥远的恒星之间，使星光或多或少地减弱和变红。就像有雾的夜晚，我们看见遥远的路灯变暗变红一样。

这些气体和尘埃在星际空间的分布也是不均匀的，它们常常集成一块一块的"云"。当这些云在遥远的恒星和我们之间时，恒星所发的光完全被它们吸收，而成为漆黑一团，那便是"暗星云"，夏天我们在天鹅座以下所看到的银河中的暗滩就是。当星云处在某些亮星的附近时，则形成明亮的"弥漫星云"。这又有两种情形：如果恒星的表面温度高于1.8万摄氏度，恒星的紫外辐射便可刺激星云本身发光，即恒星吸收了星云的紫外光以后，再发射出可见光，猎户座大星云便是一个例子；如果恒星的表面温度低于1.8万摄氏度，则星光只单纯地照亮星云，昴星团中围绕一些恒星的云状物质便是这样。

最后还应说一说星际物质和恒星之间的联系。一方面，有些恒星连续地或不连续地向空

间抛射物质，增加星际物质的密度；另一方面，有些恒星又可能从星际空间俘获一些粒子，减少星际物质的密度。还有，在某种条件下，星际物质也可能凝聚起来，变成恒星。因此，就是在目前，星际物质的“消费”和“生产”，以及与之相应的恒星的形成和演化，也还在继续着。

十二　恒星的形成和演化

处于相对静止状态的恒星，事实上也是在变化着的，不过变化很微小，需要几亿年甚至几十亿年才能显现其变化。虽然如此，天文学家们还是有办法来研究它。因为恒星数目很多，而且性质是多种多样的，各种类型的恒星很可能处于不同的发展阶段，通过对大量观测资料的分析，由此及彼，由表及里，就有可能描绘出恒星从形成到衰灭的一幅图画来。这幅图画的大致轮廓如下：

处在星际空间的大块弥漫物质，由于万有引力使质点相互吸吸的结果，便发生凝缩现象。在凝缩的过程中，由引力产生的位能转化为热能。热能一部分辐射到太空中去，一部分用来升高内部物质的温度。由于向外辐射热能，亦即开始向外发光，这就形成了恒星。由于恒星内部的温度在逐渐增高，物质的密度和压强也在逐渐增大，等到中心温度接近 1 000 万摄氏度时，量变便引起质变：收缩停止，从此恒星便进入一个吸引和排斥两方势均力敌的相对稳定阶段。太阳目前就处在这个时期。

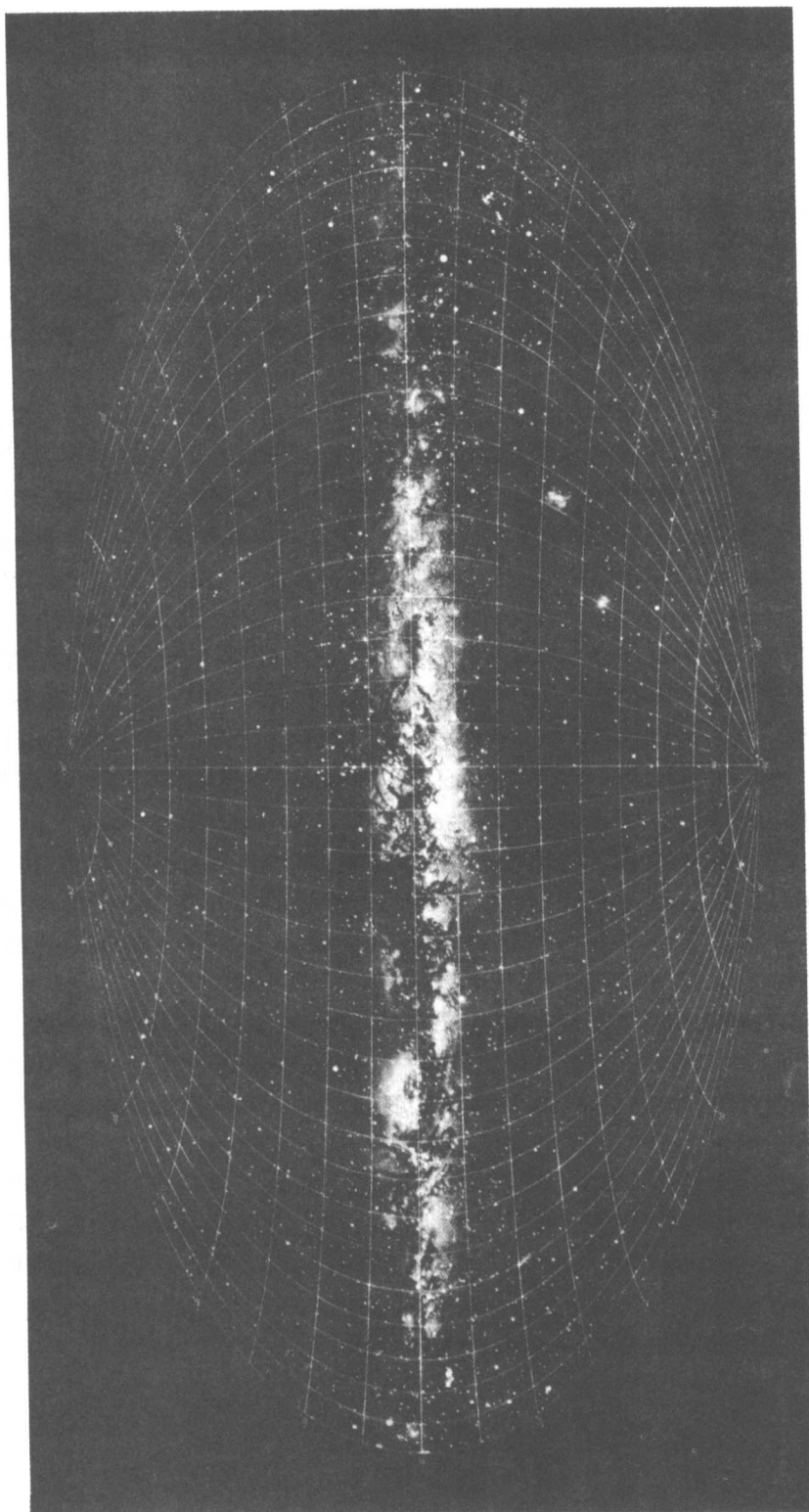
处在相对稳定阶段的恒星，叫做主序星。恒星的一生，处在主序星的阶段最长。主序星的能量来源是由四个氢原子核聚变为氦原子核的热核反应。质量越大的，内心温度越高，热核反应越快，氢的消耗越厉害，因而稳定阶段越短。短的可以短到几百万年，长的可以长到几百亿年。质量像太阳这般大的恒星，稳定阶段大约可以有 100 多亿年，目前我们的太阳只过了它的稳定期的一半，可以说还处在中年时期。

从理论推知，当恒星的质量有百分之十由氢聚变成氦时，量变又引起质变。在恒星内心，矛盾激化起来，这时吸引又再一次成为矛盾的主要方面，使内部收缩。收缩时产生的能量促使外层里的矛盾向它的对立面转化：排斥成为矛盾的主要方面，于是外层体积膨胀，表面温度降低，恒星由主序星转变为体积大、密度小的红巨星，像参宿四或心宿二那样。

红巨星内心温度继续升高，到了一定时候，又出现新的热核反应，发生较重元素的合成，形成碳、氮、氧、镁、硅等，一直到铁为止。以后如何进一步演化，目前还不清楚，可能是通过抛射物质的方式，转变成白矮星。白矮星的体积很小，密度很大，发光本领已很微弱，已是恒星的衰亡阶段，再往后发展，可能就是不发光的“僵尸”了。

在红巨星转变为白矮星的过程中(可能要通过超新星的爆发)，抛射到空间的物质又补充了星际空间的气体和尘埃，成为形成第二代恒星的原料。第二代恒星和第一代恒星不同之处在于，第二代恒星含氢量较少，而有一些重元素。太阳可能不是第一代星，而是第二代或第三代星。如此循环往复，直至把银河系中的弥漫物质用完，就不再形成新的恒星。目前，在银河系中，恒星的形成过程还在继续着，而且是成窝产生的。

十三　银河和银河系

夏季夜晚，一条白色光带横跨天空，这条光带叫做银河，也叫做天河。银河早就引起了人们的幻想和思索，我国古代有牛郎织女每年七夕鹊桥相会这样一个优美的神话，希腊哲学家亚

银河系全景图

（选自《中国大百科全书·天文学》）

里士多德更是异想天开，认为银河是地上水蒸气上升时所凝成的白雾。但是到了 17 世纪，伽利略用望远镜一看，发现它既不是有水的河，也不是水气凝成的雾，而是由彼此靠得很近的许多恒星构成的。100 多年以后，有 4 个国家的学者先后提出，银河现象是恒星世界组成一个扁平而有限的系统的反映，这个系统叫做银河系。我们所能看到的恒星、双星、聚星、星团和星际物质，都处在银河系之中。

银河系呈扁平形状。从上面往下看，它像一个铁饼；从侧面看过去，它又像一个织布用的梭子。我们之所以把它看成一个带子，那是因为我们处在这个系统之内，“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。我们不处在银河系的中心，而是在离中心约 3 万光年的地方。银河系的最长直径，从梭子的这一头到那一头约 10 万光年；最短直径处，也就是梭子的厚度约 1 万光年。我们太阳系也不处在铁饼的对称平面内（即中央平面上），而是在对称面之北约 100 光年的地方。

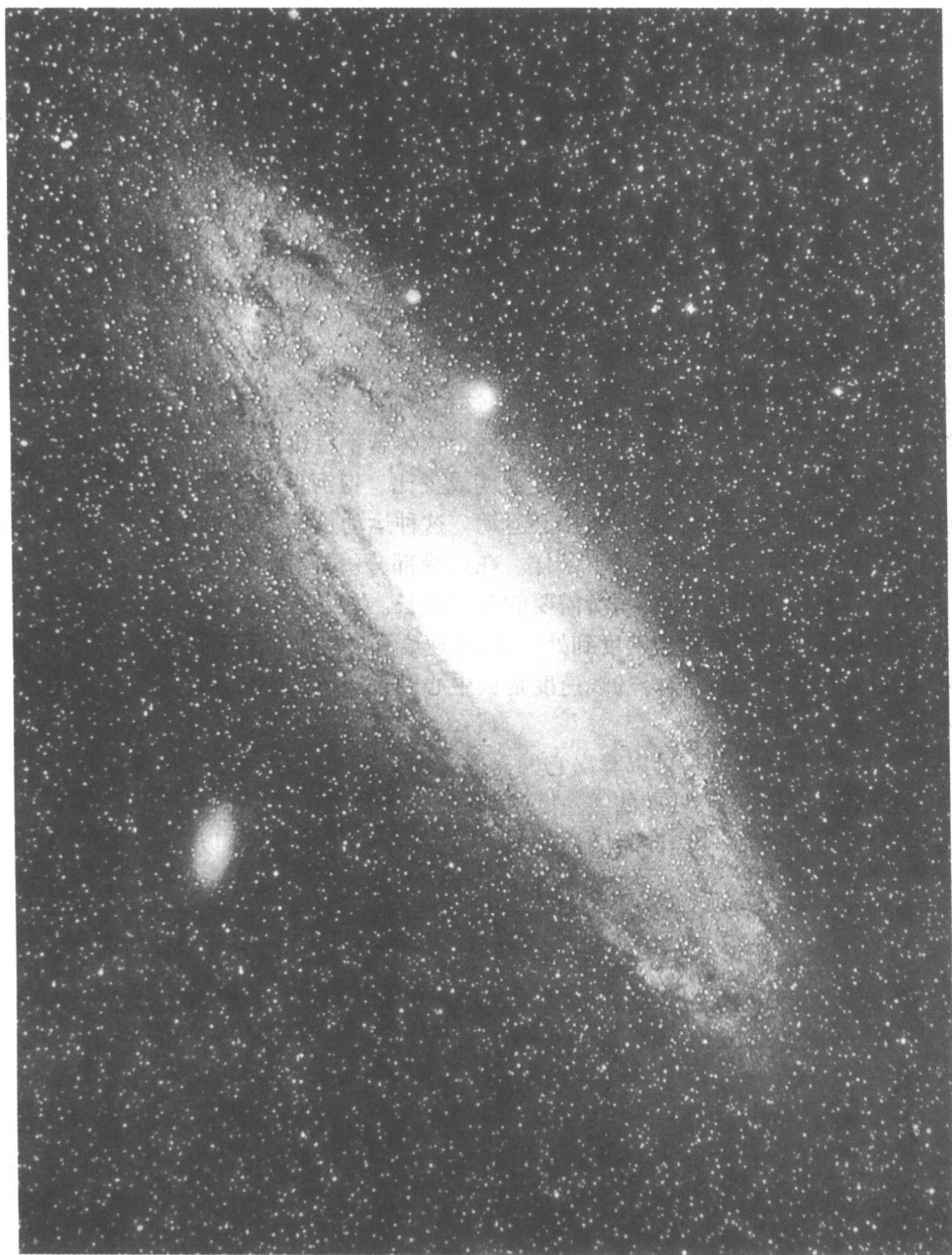
银河系中央有一个核心组织，直径约 2 万光年，叫做银核。银核内恒星的空间密度特别大，还有几个强烈的无线电辐射源。从银核开始，在银河平面内有四条旋涡状的臂膀伸展出来，这叫做旋臂。太阳就在一条旋臂的附近，离其内侧只有 100 光年左右。另外，还经常有物质从银核抛射出来。因此有人认为，在银核之内可能还存在着某种密度极大的超密物质，这种物质有时会发生猛烈的爆炸，抛出大量物质。这种看法是否正确，还有待于观测证实。

根据万有引力定律，可以得到一个推论：一个物体若不自转，它的天然形状便是球形；若有自转，它便会变扁，而变扁的程度和自转的速度成正比。银河系既然扁得像个铁饼，便必有自转，也就是说，它的成员在绕着银河系中心运动。这种运动是不是和太阳系里行星绕太阳运动一样呢？研究的结果是：又一样，又不一样。在边缘部分一样，即服从开普勒定律——离中心越远，旋转的角速度越小，旋转一周所需要的时间越长。在靠近中心部分，则有点像留声机唱片的运动（刚体运动）：旋转的角速度到处一样，线速度和离中心的距离成正比。把这两种情形合起来，可以这样说：银河系自转的线速度是从中心开始，起先向外增加，达到某一极大值后，又向外减小。

根据银河系的自转情况，可以算出它的总质量约为 1 000 亿个太阳的质量，即 200 万亿亿亿吨。太阳绕银河系中心转动的线速度约每秒 200 千米，虽然这样快，但还需要 2.2 亿年才能走完一周。而太阳还不在银河系的最边缘，银河系的大小由此也可以得到一个印象。

十四　河外星系

我们肉眼所见到的天体，几乎全是银河系的成员。难道银河系就是我们所说的宇宙吗？不，远远不是。如果把现在已经观测到的宇宙范围当做一个大西瓜，银河系便只能是一颗芝麻。在银河系的外面，还有一个个类似于我们银河系的庞大的物质系统，叫做河外星系，简称星系。凡是银河系中有的东西，别的星系中也都有。大麦哲伦云和小麦哲伦云是离们最近的两个河外星系，可惜处在南半球的天空，在中国看不见。对北半球来说，最显著的河外星系要算仙女座大星系，肉眼勉强能够看到。它距我们约 220 万光年，直径约 13 万光年，比我们银河系还大一点。

从形态上来看，星系可以分为椭圆星系、旋涡星系和不规则星系三种。1926 年哈勃在进行这种分类以后不久，就有人认为这种分类也代表着年龄上的次序。最初，所有星系几乎都是正圆形，由于迅速旋转，离心力使它们在两极方向逐渐变扁；最后，当赤道上的离心力超过引力的时候就分出螺旋状的旋臂，而成为旋涡星系。不过最近多数人的看法正好与此相反，而是认

宇宙在召唤

（选自《中国大百科全书·航空　航天》）

为有结构的不规则状的星系最年轻,发展的次序是由不规则状到旋涡状,最后到椭圆状。也有人认为,这两种看法都不对,实际上可能是不同的星系走着不同的演化道路:旋涡星系是一种,非旋涡星系又是一种。这些看法究竟哪个正确,还有待于未来的观测事实检验。

和恒星一样,星系也聚集成各种大大小小的集团。由 2 个组成的叫双重星系,由 3 个组成的叫三重星系。大、小麦哲伦云是一个双重星系,它又与银河系一道组成三重星系。仙女座大星系和它附近的 4 个小星系组成一个五重星系。这两个三五成群的小集团,又隶属于一个更大的系统,叫做本星系群。现在已经查明,属于本星系群的成员共有 19 个星系。

星系群中星系的数目一般少于 100 个。星系群一般没有中心组织。星系数目在 100 个以上的组织叫做星系团。星系团往往有一个或几个中心组织,在那里星系的空间密度特别大。离我们最近的一个星系团在室女座,距离约 2 000 万光年,其中包含 1 000 多个星系。目前发现的星系团已有 2 700 多个。星系团还有再结集成堆,而属于更高一级物质系统的现象。首先是绝大部分较亮的星系团构成一个很大的扁平系统,叫做本超星系,直径大概有 7 000 万光年。室女座星系团可能是它的核心;本星系群也是它的一个成员,但不在中心,而在靠近边缘的地方。

超星系也不只一个。在超星系之上,更高一级的组织是什么?目前还不知道。我们暂时把今天所能观测到的宇宙范围叫做总星系,半径约为 100 亿光年。在这 100 亿光年的范围内,已发现的星系在 10 亿个以上。总星系是否独自成为一个系统,它是否在膨胀,这些问题都还没有得到肯定的答案。

十五　宇宙间的生命

生命是蛋白体存在的形式。在某一天体上有无生命,要看该天体上有无蛋白化合物形成和存在的可能。蛋白化合物的形成和存在需要一定的温度,需要有足够的氧气和液态的水。同时,生命是物质存在的高级形式,即使具备了这些必要条件,也还得经过长时期的发展才能够产生。因而,并不是所有天体上都会有生命出现。首先,在表面温度很高并且处于气态的恒星上就不会有生命;其次,在弥漫物质上也不可能有生命。生命的起源和演化的过程只可能在固态的行星或卫星表面上,而且这些行星和卫星还必须符合下列八项条件,缺一不可。

一、行星必须处在像太阳这样的稳定的而且年龄较老的恒星周围。如果太阳是一颗不稳定星,它的辐射强度变化太大,周围行星上的生命便无法生存。如果太阳太年轻,则没有足够的时间来使其行星上完成生命出现的条件。须知地球已经存在了 50 亿年,但 20 亿年前才出现了生命。

二、行星和中央星的距离不能太近也不能太远。太近了温度太高,太远了温度太低,都不行。对于太阳系来说,只有金星、地球和火星满足这个条件。

三、行星的轨道必须近于圆形。如果行星的轨道像彗星的那样,则接受中央星的辐射,变化太大,仍然不可能有生命存在。凡是处在双星和聚星附近的行星,都不符合这个条件。

四、自转周期不能太长。例如月球跟太阳的距离和地球跟太阳的距离差不多相等,但月球的自转周期太长,中午和子夜的温度相差约 250 摄氏度,那里也很难有生命。

五、行星赤道平面和轨道平面的交角不能太大。如果是 90 度,那么在一个半球上便有半年是白天,半年是黑夜,温度变化也太大。

六、行星的质量不能太大,也不能太小。我们知道,宇宙间最丰富的元素是氢,其次是氦;

而在活的有机体中占主要地位的则是氧，其次是碳，而氢只占第三位。如果行星的质量太大了，像木星那样，就无法完成元素丰富度的这一转变。另一方面，如果质量太小，像水星和月球那样，在适应生命的正常温度条件下，又不足以保住大气层。

七、行星表面上必须有足够的氧气和水。金星上可能有氧和水，但大气里的二氧化碳比地球上的多1万倍，很不宜居住。火星上氧可能有，但不会超过地球上的千分之一，水只有地球上的十万分之一，也不理想。

八、没有大气层不行，大气层太厚也不行。大气层太厚了，巨大压力会破坏分子结构，使结构复杂的蛋白质高分子根本无法形成。

把这些条件都算上，可以得出结论，在太阳系里只有地球才有生命，特别是有生命的高级花朵——人所居住的地方。但是我们并不因而认为，只有地球才是惟一有生命居住的天体。已经发现，太阳附近的一些恒星周围有行星系统存在。在这些行星系统中，也可能有一些行星满足这八项标准。有人从概率论上作了一些研究，认为在银河系内，在任选的一颗恒星周围，有生命存在的可能性只有十万分之一，甚或百万分之一。这个概率虽然很小，但银河系的恒星在1000亿颗以上，因而有生命出现和发展的行星在银河系内便有几十万颗。而银河系只是尚不知其数目的星系之一。由此可见，在无限的宇宙间，也应该有无限多的有生命的行星。

在这里，我们再一次看出，自然界没有惟一的、特殊的天体，生命现象在宇宙间也是普遍地存在着。

〔《宇宙剪影》的前七篇曾以笔名“周芬”刊于《人民日报》1965年10月16日、10月28日、11月4日、11月22日、12月13日，1966年3月22日、4月2日〕

敦煌星图

在1907年被斯坦因盗走的9000种敦煌卷子中，有一卷星图（斯坦因编号MS 3326），图上有1350多颗星。这是世界上现存星图中星数最多，而且是最古老的。[1]但由于这些卷子长期被锢闭在伦敦博物馆内，几十年来都无人知道。1959年李约瑟在编写《中国科学技术史》第三卷中的天文部分时，才在其中发现了我国这一重要的星图，作了简单介绍，并断定它的产生年代约在公元940年左右。[2]可惜李约瑟的介绍过于简单，而且只登了两张照片（共有六张），未作详细研究。

现在根据中国科学院图书馆从伦敦以交换方式拍回来的显微胶片，详细介绍出来，供各方面作进一步研究（见图版Ⅰ—Ⅴ，其中卷尾的“电神”图略去）。令人痛心的是，我们所用的不是原物，显微胶片经过翻印以后，原来着了颜色的星座就看不见了。中国人研究自己祖先的遗产，反而在自己国家不能直接获得原始资料，这不能不使我们感到痛苦。

这卷图的画法是从十二月开始，按照每月太阳位置所在，分12段把赤道带附近的星利用类似麦卡托（1512—1594）圆筒投影的办法画出来，但这比麦卡托发明此法早600多年，最后再把紫微垣画在以北极为中心的圆形平面投影图上。从每月星图下面的说明文字来看，太阳的每月位置所在，还是沿用了《礼记·月令》中的说法，例如：“正月日会营室，昏参中，旦尾中。”并非当时实际所测。但是这个图在画法上是一个进步。在它以前，画星图的办法，一种是以北极为中心，把全天的星投影在一个圆形平面上。汉代的“盖图”大概都是这样的，现今保存在苏州的宋代石刻天文图[3]也还是这样的。这样做有个很大的缺点：越到南天的星，彼此在图上相距越远，而实际上是相距越近。扬雄（前53—18）在难盖天的“八事中”，最后一项就是揭露这个矛盾的。他说：“视盖橑与车辐间，近杠毂即密，益远益疏。今北极为天杠毂，二十八宿为天橑辐，以星度度天南方次地星间当数倍，今交密，何也？”[4]另一种办法是用直角坐标投影，把全天的星绘在所谓“横图”上，这种办法在隋代开始出现。[5]这样做，赤道附近的星与实际情况较为符合，但北极附近就差得太远，根本会合不到一起。为了克服这两个办法的缺点，最后只得把天球一分为二：把北极附近的星画在圆图上，把赤道附近的星画在横图上。敦煌星图就是我们现在所知道的按照这种办法画得最早的一幅。这种办法一直应用到现在，所不同的只是现在把南极附近的星再画在一张圆图上。

比敦煌星图稍晚一点的是宋人苏颂（1020—1101）《新仪象法要》（1094）中的星图，其画法和敦煌星图相似。二者相比，由于《新仪象法要》在时间上要晚于敦煌星图约150多年，在此期间，我国天文学的研究又有了新的发展，因此更加细致、正确。为了便于读者比较研究，我们把《新仪象法要》中有关的三幅图也刊印在这里（图1—3）。

在这两个图上，恒星的画法还是继承了三国时候陈卓（活动年代约在265—280之间）和刘宋时代钱乐之（440）的办法[6]，把石申、甘德、巫咸三家的星用不同的方式表示出来：石申和巫咸的星用圆圈，甘德的用黑点。到了苏州石刻天文图（1193）这个区别就没有了。所不同的是：敦煌星图是从玄枵（子）开始，按照十二次的顺序，作不连续排列，中间夹以说明文字；《新仪象

法要》中的星图则是从角宿开始，按二十八宿顺序，作连续排，有关分野等不科学成分，已完全消除。

敦煌星图中十二次的起迄度数和《晋书》卷十一《天文志》(上)中所录陈卓的完全一样，其说明文字则取自唐《开元占经》(729)卷六十四《分野略例》。由于图上的文字残缺不全和不易认清，今按其次序重抄如下，方括号中的字是按《开元占经》校补的。由于图上的星有的漏写名字，有的有名无星，有的部位不够正确，我们也大致上按照唐人王希明《丹元子步天歌》的次序，把星名、星数列下来，遇有必要时也作一些说明，写在括号内。又，图上的说明文字，是在星图之后的，现在为了方便起见，我们先写下说明文字，再列星名、星数。①

(一)"自女八度至危十五度，于辰在子，为玄枵。玄枵者黑，北方之色。枵者，秏也。十一月之时，阳气下降，阴气上升，万物幽死，未有生者，天地空虚，故曰玄枵。齐之分也。"这一次所绘的星由上而下、由右到左是：

女宿：奚仲(应为4星)，天津9，代2。

虚宿：虚2(颜色特殊)，司非2，司危2，司禄2，司命2，哭2，泣2，天垒[城]10(应为13)，败臼4，离瑜(应为3)。

危宿：危(应为3星)，坟墓4，人5，将(应为"杵")3，臼4，车府7，造父5，盖屋2，天钱8(应为10)，[虚梁]4(在坟墓之下，土公吏之旁，颜色特殊)。

室宿：主公吏(应为"土公吏"，2星)，北落师门(颜色特殊，应为1星)。

图下文字为："十二月日会女、虚，昏奎、娄中，旦氐中。"与《礼记·月令》全同。

(二)"自危十六度至奎四度，于辰在亥，为諏訾。諏訾者，叹貌。卫之分也。"

危宿：[天]钩8(应为9)。

室宿：室2，[离宫]6(在室之上，腾蛇之下)，腾蛇21(应为22)，电2(应为3)，雷3，[垒壁阵]12(在电、雷、云雨之下，羽林之上，东西呈"一"字状排列，两端各有四星组成平行四边形)，羽林[军]47(应为45，三三排列，共15组，在左端多画了两颗)，八魁9。

壁宿：壁2，云雨4，天厩8(应为10)，土公2。

奎宿：外屏6(应为7)，天溷8(应为7)，王良5。

图下文字为："正月日会营室，昏参中，旦尾中。"与《礼记·月令》全同。

(三)"自奎五度，至胃六度，于辰在戌。戌为降娄。鲁之分也。"

壁宿：斧质5。

奎宿：奎10(颜色特殊，应为16)，土司空1，阁道6，附路(应为1星，在阁道旁)。

娄宿：[娄]3(在左更之上，三星呈"一"字状排列)，[天大将军]11(在娄之上，阁道之下)，左更5，右更5，天仓6，天庾3(应为4)。

胃宿：胃(应为3星)，[大陵]7(按：图上写的是"卷舌"，但卷舌属昴宿，在下图中有。这里的卷舌应为"大陵"之误，大陵共8星)，[积尸](按：图上写的是"天谗"，天谗亦属昴宿，在下图中也有。这里应为"积尸"之误，积尸可能就是著名的变星"Algol")。

图下文字为："二月日会奎，昏井星中，旦牛中。"与《礼记·月令》相比，仅是以属于二十八宿的"井"和"牛"代弧星和建星。前者做得合理，后者则不合适，因为由于岁差，应该是以"斗"代建星，而不是以牛代建星。

(四)"自胃七度至毕十一度，于辰在酉，为大梁。梁，强也。八月之时，白露始降，万物于是

① 图4的开头三行文字与星图末尾的电神像，与本文无关，这里不予讨论。

坚成而强大,故曰大梁。赵之分也。”

胃宿:积水 1,天船 8(应为 9),天廪 4,天囷 13。

昴宿:昴 8(应为 7),卷舌 7(应为 6),天谗 1,砺石 4,刍藁 6,天苑 14(应为 16)。

毕宿:毕 9(包括附耳 1 星),天街 2(在毕昴间),天节 8,九州殊口 9,天圃 10(应为 13)。

图下文字不全,按《礼记·月令》应为:“三月日会胃昴,昏[七星]中,旦[牵牛]中。”

(五)“自毕十二度至井十五度,于辰在申,为实沈。言七月之时万物雄盛,阴气沉重,降实万物,故曰实沈。魏之分也。”

毕宿:五车(包括柱)13(应为 14),诸王 6,天高 4,参旗 6,[九斿]9(在玉井之旁,用黑点表示)。

觜宿:觜 3,坐旗 8(应为 9)。

参宿:参 7(一星颜色特殊),[伐]3(在参宿之中央,军井和屏之上,颜色特殊)。玉井 5(应为 4),屏 2,军井 4,厕 4,[屎]1(在厕之下,颜色特殊)。

井宿:井 8(包括钺 1),天尊 3,四渎 4,水府 4,军市 11(应为 13),郢鸡 1(应为“野鸡”,在军市之内,颜色特殊),丈人 2,子 2。

图下文字为:“四月日会军觜,昏翼中,旦女中。”与《礼记·月令》同。

(六)“自井十六度至柳八度,于辰在未,为鹑首。南方七宿,其形象鸟,以井为冠,以柳为口。鹑,鸟也;首,头也;故曰鹑首。秦之分也。”

井宿:南河 3,北河 3,积水 1,积薪 1,水位 9(包括五诸侯 5 星),阙丘 2,狼 1,弧矢 10(应为 9),孙 2,老人 1。

鬼宿:鬼 5(包括积尸 1,此积尸即为蜂巢星团“Praecepe”),爟 4,罍(在其他星图上为天狗)6,天苗 7(此星在其他书上和图上均无),天厨 9(应为 6),天记 1。

柳宿:柳 9(应为 8)。

图下文字为:“五月日会井鬼,昏亢中,旦危中。”《礼记·月令》无“鬼”字。

(七)“自柳九度至张十七度,于辰在午,为鹑火。南方为火,言五月之时阳气始盛,火星(按:指心宿二)昏中,七星朱鸟之处,故曰鹑火。周之分也。”

柳宿:酒旗 3。

星宿:[七星]7(在酒旗之下,天相之旁),天相 3,[天]稷 5,轩辕 17(包括御女 1 星),内平 4。

张宿:张 6,天庙 14。

太微垣:三台 6,[长垣]4(在张之上,轩辕之旁,南北向直线排列)。

图下文字为:“六月日会星,昏房中,旦奎中。”《礼记·月令》为:“季夏之月,日在柳,昏火中,旦奎中。”按上面的说明文字亦应为“昏火中”。

(八)“自张十八度至轸[十]一度,于辰在巳,为鹑尾。南方朱鸟七宿以轸为尾,故曰鹑尾,楚之分也。”

太微垣:谒者 1,九卿 3,[三公]3(在九乡之下,呈三角形),内五诸侯 5,[内]屏 4,[五帝座]5(在屏之上,太子、幸臣之下),幸臣 1,太子 1,从官 1 ,郎将 1,虎贲 1(颜色特殊),郎位 15,常陈 7,右垣 5,左垣 5,[灵台]3(在少微下,翼宿之上,黑点表示),[明堂]3(在右执法之下,翼宿之上,黑点表示),少微 4。

翼宿:翼 18(应为 22),东瓯 5。

轸宿:轸 4,[长沙]2(在轸之下,应为 1),器府 33。

图下文字缺。按《礼记·月令》应为:“七月日会翼,昏建星中,旦毕中。”

(九)“自轸十二度[至氐四度],于辰[在辰,为]寿星。三月之时,万物始远于地,春气布养,[万物]各尽其性,不罗夫(应作罹天夭),故曰寿星。郑之分也。”

角宿:角2,[平道]2(角2星南北立,圆圈表示,平道2星与角呈十字状交叉,用黑点表示),天田2(黑点表示),[进贤]1(用圆圈表示,在天田之旁),天门3,平道4(应为平2),库楼10,衡4(在库楼之内),柱13(在库楼之内,三三排列,应为15),南门2,[周鼎]3(在天田和摄提之上,帝席之旁,黑点表示)。

亢宿:[亢]4(在亢池之下,折威之上),(?)1(在其他星图上无),大角1,摄提6,折威7,项顽(应作颉颃)2,阳门2。

氐宿:梗河3,亢池6,帝席3,骑官21(应为27),骑阵[将军]3(应为1),车骑3。

图下文字为:“八月日会角,昏牛中,旦觜中。”与《礼记·月令》全同。

(十)“自氐五度至尾九度,于辰在卯,为大火。东方为木,心星在卯,火出木心,故言大火。宋之分也。”

氐宿:氐4,招摇(应为1星,在七公之旁),天乳1,阵车3,天辐3(在房宿之旁,图上写天福的地方,实际上是从官)。

房宿:[房]4,[钩钤]4(应为2),[键闭]1,[罚]3(以上四组星均在东咸、西咸之间,全未写出名字),西咸4,东咸(图上有名无星,应为4星),日1(在西咸之下),从官3(即图上写“日”和“天福”的地方,应为2)。

心宿:心3,积卒12。

尾宿:尾10(应为9),神宫1(在尾内),天江5(应为4),龟6(应为5)。

天市垣:七公9(应为7),贯索10(应为9),右垣12(应为11),列肆2。

图下文字缺,按《礼记·月令》应为:“九月日会房,昏虚中,旦柳中。”

(十一)“自尾十度至斗十二度(按下文及《开元占经》均应为斗十一度),于辰在寅,为析木。尾,东方木之宿(应为‘宿之’)末;斗,北方水宿之初;次在其间隔别水木,故曰析木。燕之分也。”

尾宿:傅说1,鱼1(在箕宿旁未写名字的为鱼,写“鱼”的为傅说)。

天市垣:市楼8(应为6),[车肆]2(在市楼之下,东西排列),宗正3(应为2),宗人4,宗星2,屠肆4(包括帛度2),侯1,帝座1,[宦者]4(在帝座旁,四星南北向直线排列),[斗]5(在宦者之下),[斛]4(在斗之下,宗正之旁,四方形排列),左垣11,女床3,天纪8(应为9)。

箕宿:箕4,糠1,杵3。

斗宿:斗6,[天弁]5(在斗之上,与斗相连,应为9),[建星]5(在斗之旁,作勾状排列,应为6),缶(?)2(在其他星图上无),农[丈]人1,[鳖]10(应为14)。

牛宿:渐台4(按此星实际上是在斗宿内,但各书中均列在牛宿)。

图下文字为:“十月日会尾箕,昏亢中,旦星中。”按《礼记·月令》及现今天文知识,均应为“昏危中”。

(十二)“自斗十二度至女七度,于辰在丑,为星纪。星纪者,言统纪万物之终[始],故曰星纪。吴越之分也。”

斗宿:天渊9(应为10),[狗国]4,[狗]2(此二组星在右旗之下,天渊之上,牛之旁,用黑点表示)。

牛宿:牛6,天浮(应为4星),[河鼓]3(在天浮之上,“天浮”在图上有名无星,河鼓在图上

有星无名)，右旗 9，左旗 7(应为 9)，织女 3，辇道 6(应为 5)，天田 9，(?)2(其他星图上无)，九坎 9。

女宿:女 4，离珠 5(离珠星中败瓜两字系误写)，败瓜 4(应为 5)，瓠瓜 4(应为 5)，扶筐 7，十二国 14(共为 16 星，另二星“代 2”在图 1“玄枵”之次中)。

图下缺文字。按《礼记·月令》应为:“十一月日会斗，昏壁中，旦轸中。”

(十三)**紫微垣**:北极 5，四辅 4，勾陈 1(应为 6)，[天皇大帝]1(在六甲之下，图上写“天皇”的四星为御女)，六甲 5(应为 6)，[御女]4(图上误写为“天皇”)，天柱 5，尚书 5，女史(应为 1 星，在尚书旁)，柱下史(应为 1 星，在天柱之下，女史之上)，天床 6，[阴德]2(在北极之下，天床之旁，写“天一”、“太一”的二星，在其他图上为“阴德”)，五帝座 5，华盖 6(应为 7)，[杠]6(与华盖相连，应为 9)，右垣 7，左垣 8，天[一]1，太[一]1，北斗 7，天枪 3，玄戈 1，三公 3(在斗柄下)，相 1，太阳首 1，势 4，天牢 6，文昌 5(应为 6)，三公 3(在斗魁前)，天理 4，内阶 6，八谷 8，传舍 7(应为 9)，天厨 6，天棓 5。

(十四)以上总计 1 359 星，较陈卓所列三家星数大凡 283 官 1 464 星[7]尚少 100 余星。星名和星数在此图上全缺的如下:

室宿:天纲 1，𫓧钺 3(二者分居北落师门之两旁。𫓧钺自《隋书·天文志》方始有)。

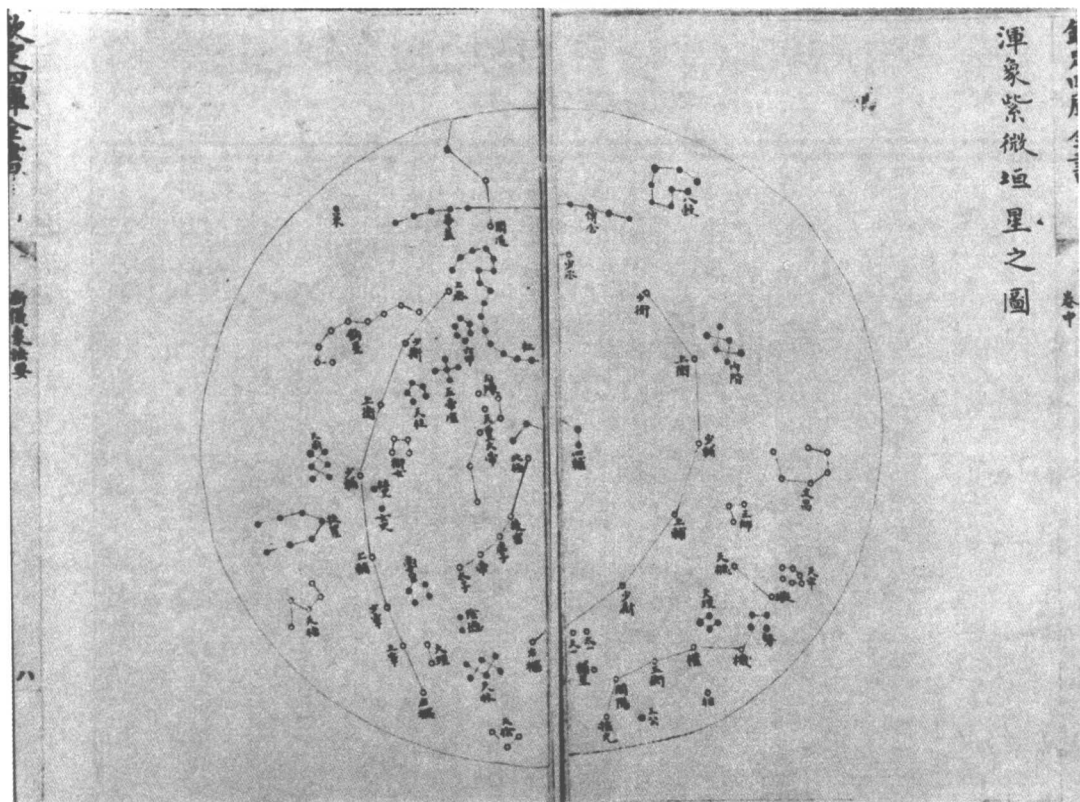



图 1 《新仪象法要》星图(一)

(选自《中国古代天文文物图集》，第 77 页)

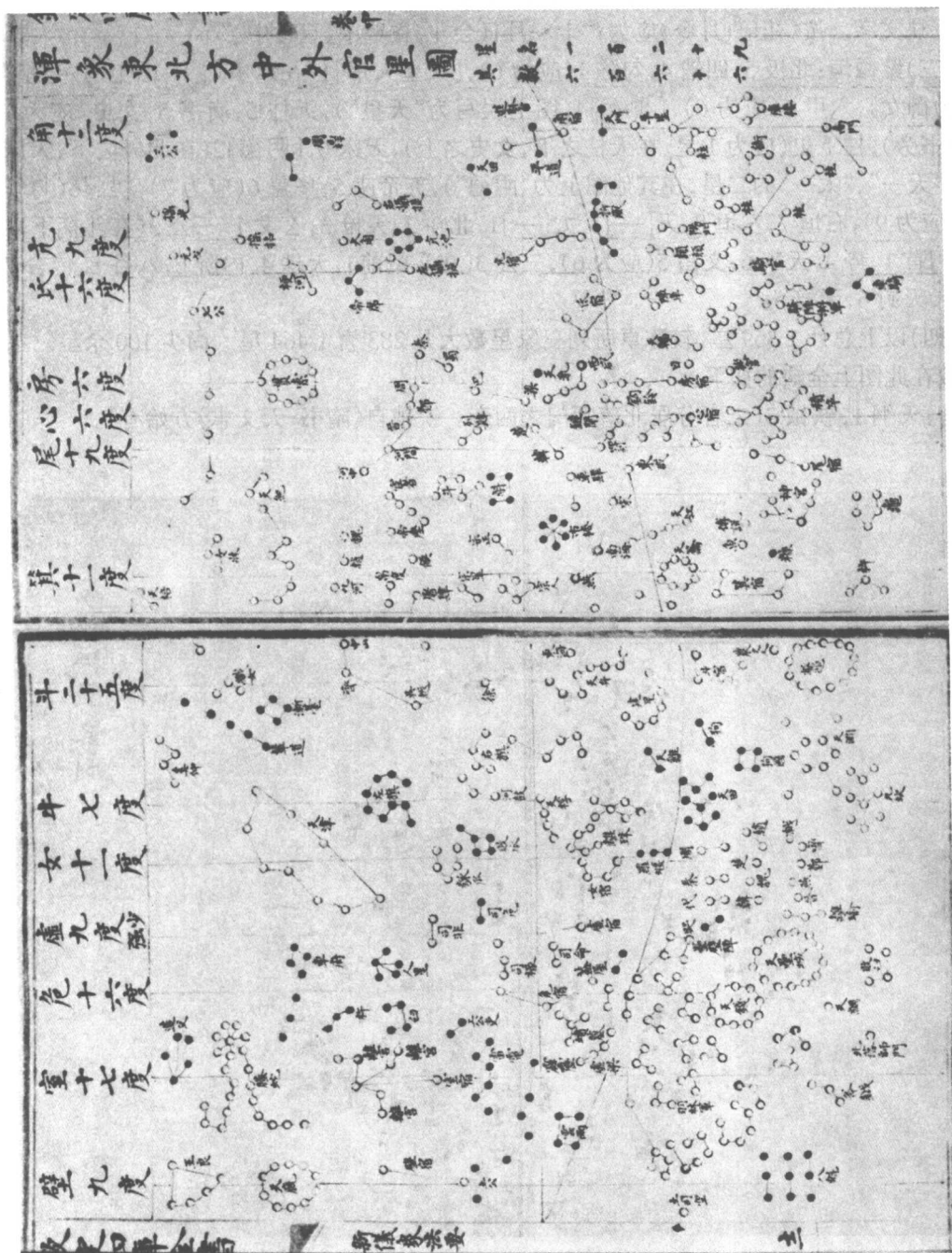



图 2 《新仪象法要》星图(二)

(选自《中国古代天文文物图集》,第 78 页)

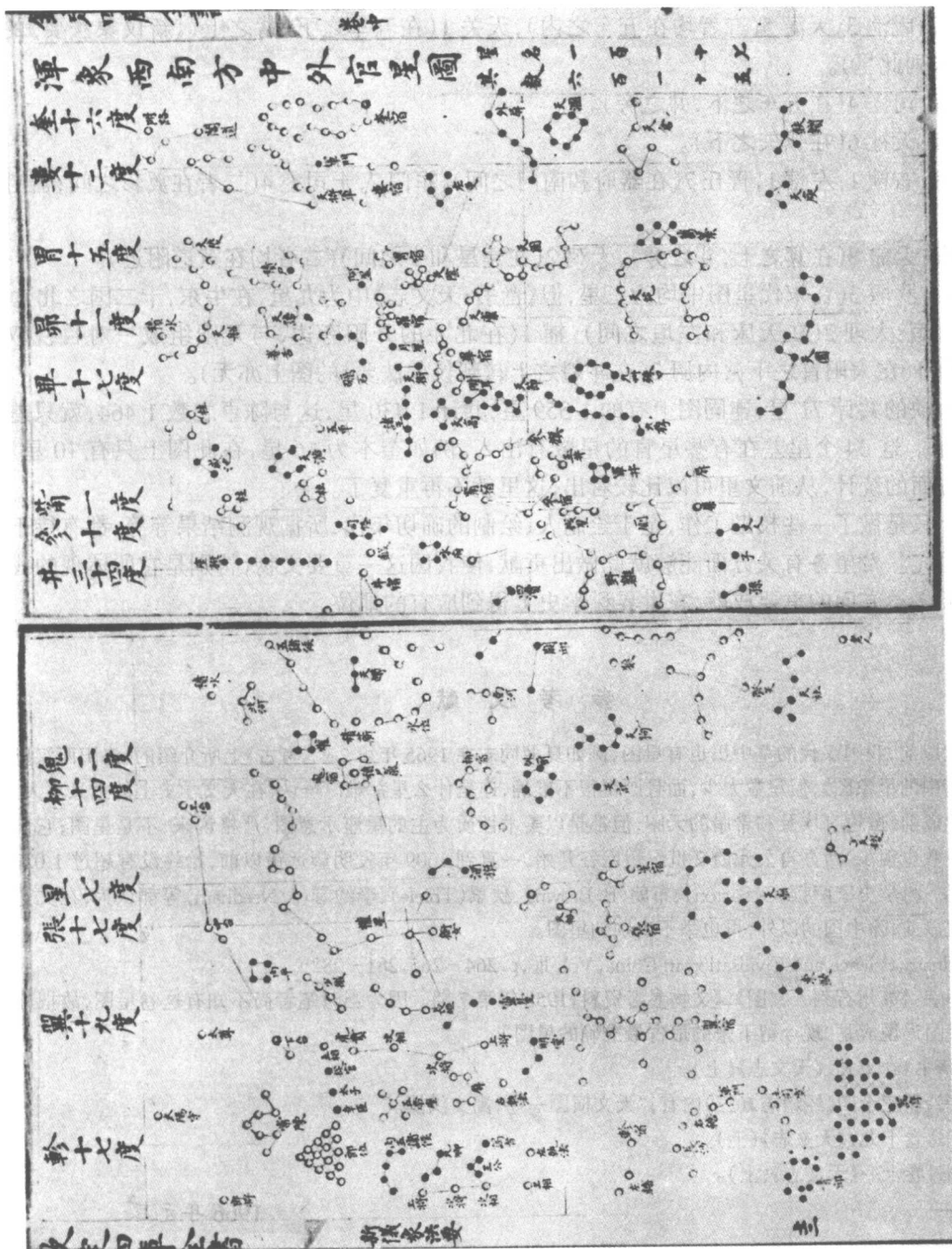



图 3 《新仪象法要》星图(三)

(选自《中国古代天文文物图集》,第 79 页)

壁宿:霹雳 5(在赤道附近,位于雷电和云雨之间)。

奎宿:策 1(在王良之上),军南门 1(在天大将军之下,娄之上)。

昴宿:天阿 1(在大陵之下,胃宿之旁),月 1(砺石之下,昴之旁),天阴 5(胃之下,天囷之上)。(又,后二座自《隋书·天文志》方始有)。

毕宿:咸池 3,天潢 5(二者均在五车之内),天关 1(在五车之下,觜之上,《新仪象法要》的图上亦未列此星)。

觜宿:司怪 4(在五车之下,井之旁)。

鬼宿:天社 6(在弧矢之下)。

轸宿:右辖 1,左辖 1,青丘 7(在器府和南门之间),军门 2,土司空 4(二者在翼轸之间,器府之上)。

斗宿:天龠 8(在箕之上,斗之旁),天鸡 2(在建星和牛之间)(二者均在黄道附近)。

牛宿:罗堰 3(在宋代星图中均为三星,但《晋书·天文志》中为九星,在牛东,十二国之北)。

紫微垣:大理 2(在天床和左垣之间),辅 1(在北斗的开阳旁边,与开阳组成一对目视双星),天尊 1(在太阳首之下),内厨 2(在斗魁之上,《新仪象法要》的图上亦无)。

以上缺的共计 71 星,连同图上有的 1 359 星,共计 1 430 星,这与陈卓之数 1 464,就只差 34 个星了。这 34 个星差在有些星官的星数有出入,例如奎本为 16 星,在此图上只有 10 星。关于这方面的统计,从前文里可以比较看出,这里就不再重复了。

以上只是做了一些校勘工作,至于绘制人、绘制的确切年代、所据观测结果等等,都有待于进一步研究。希望各有关方面能够就此做出贡献,使我国这一重要文物,特别是它所体现的我国古代天文学方面的重要成就,在世界科学史上得到应有的地位。

参 考 文 献

[1] 在此以前,我国汉代的墓中虽也有星图,例如夏鼐同志在 1965 年第 2 期《考古》上所介绍的《洛阳西汉壁画墓中的星象图》,但星数太少,而且画得很不准确,连是什么星都难以辨认,在天文学史上的意义不大。在此以前,虽也有埃及和希腊的天图,但都是以美术性质为主的星座示意图,严格说来,不是星图;它们的星数也很少,西方自公元前 2 世纪伊巴谷开始,一直到 1609 年发明望远镜以前,始终没有超过 1 022 颗星。科学史家萨顿(G. Sarton)、布朗(B. Brown)、狄累(Thiele)、李约瑟(J. Needham)等都认为,在文艺复兴以前,除中国的以外,再也举不出别的星图。

[2] Needham, Science and Civilisation in China, Vol. Ⅲ, p. 264 - 265, 281 - 282.

[3] 席泽宗:《苏州石刻天文图》,《文物参考资料》1958 年第 7 期。因为当时笔者尚不知有这卷星图,故把苏州星图误说成是“现今留下来的最古最准确的星图”。

[4] 见《隋书》卷十九,《天文志》(上)。

[5] 《隋书》卷三十四《经籍志》(三)内有:“天文横图一卷,高文洪撰。”

[6] 《隋书》卷十九,《天文志》(上)。

[7] 《晋书》卷十一《天文志》(上)。

1966 年元旦

〔原刊《文物》,1966 年第 3 期〕

Heleocentric Theory in China*

—In Commemoration of the Quincentenary of the Birth of Nicolaus Copernicus

"What is correct invariably develops in the course of struggle with what is wrong. The true, the good and the beautiful always exist by contrast with the false, the evil and the ugly, and grow in struggle with the latter." "Copernicus' theory of the solar system and Darwin's theory of evolution were once dismissed as erroneous and had to win through over bitter opposition." Thus Chairman Mao in his great philosophical work *On the Correct Handling of Contradictions Among the People* generalizes the law of the development of the truth and applies it to the history of the development of the Copernican theory on the solar system. From the publication of *De revolutionibus orbium coelestium* (On the Revolution of Heavenly Bodies) (Figs. 1 and 2) in 1543 to the discovery of Neptune in 1846, the Copernican theory weathered many storms for more than three centuries. However, having defeated one obstruction after another, it won victory in Europe after all. The process of its struggle is widely known. Here in this article, we attempt to give an account of the arduous struggle of the heliocentric theory in China and its way to success, to commemorate the quincentenary of the birth of the great Polish astronomer Nicolaus Copernicus.

I. Chinese Conception of the Motion of Earth before Copernicus

Which is in motion, heaven or earth? Does the sun revolve round the earth, or vice versa? That is the focus of the polemic between Ptolemaic and Copernican theories which, however, was not initiated by themselves. In his work *De revolutionibus orbium coelestium*, Copernicus had enumerated several names of his Greek predecessors①. Actually similar materials were also found not only in Greece, but in other countries as well[1]. In China, such question was also raised in *Chuang-Tzu's T'ien-Yun P'ien*《庄子·天运篇》(Chuang Tzu: The Circling Sky), written in the later years of the Warring States Period (403 B. C.—221 B. C.), roughly simultaneous with Aristarchus of Samos of Greece (in the early part of the third century B. C.). The author asked:

---

* This paper was written in Co-operation with Yen Tun-chieh(严敦杰), Po Shu-jen(薄树人), Wang Chien-ming(王健民), Chen Chiu-Chin(陈久金), and Chen Mei-tung(陈美东).

① In *De revolutionibus orbium coelestium* (Vol. I, Chap. 5), Copernicus enumerated several Greek predecessors of heliocentricism among the Pythagoreans, viz. Heraclides, Ecphantus and Philolaus, but missed a principal one, Aristarchus. Brief accounts of the works of these Greek scholars may be found in Reference [2].

"The sky turns round; the earth stands still; sun and moon pursue one another. Who causes this? Who directs this? Who has leisure enough to see that such movements continue?"

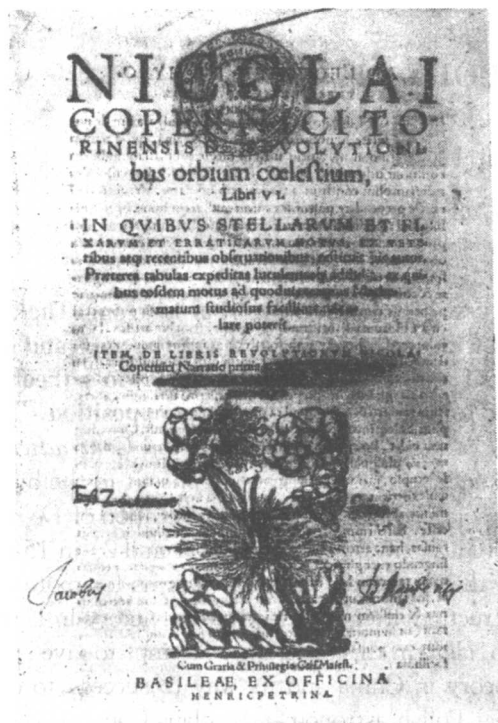



Fig. 1 **The second edition of *De revolutionibus orbium coelestium* (1566). (Beijing Library)**

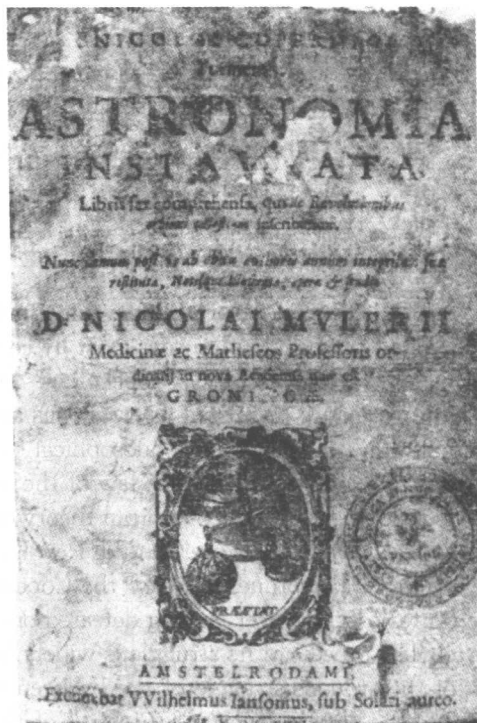



Fig. 2 **The third edition of *De revolutionibus orbium coelestium* (1617). (Beijing Library)**

"Some think there is a mechanical arrangement which makes these bodies move as they do. Others think that they revolve without being able to stop."

From this quotation we can see that Chuang-Tzu was not only sceptical about the allegation that the heaven was in motion while the earth was at rest, but held that the cause of the motion was not the push by God, but the action of some quality inherent in itself. And the motion would not cease by itself.

In Ch'in-Han times of the early part of the feudal society (221 B. C. —220 A. D.), there were more materials on the motion of earth, eminent among them were:

1. *Ts'ang-Chieh P'ien*《仓颉篇》(The Book of Ts'ang Chieh): "Each day the earth moves one degree." In ancient China, the circumference was divided into 365 $\frac{1}{4}$ degrees, and the length of a tropical year as adopted in Ch'in and early West Han Dynasties was 365 $\frac{1}{4}$ days. Hence "Each day the earth moves one degree" means that it completes the cycle in a year.

2. *Ch'un Ch'iu Wei—Yuan Ming Pao*《春秋纬·元命苞》(Apocryphal Treatise on the Spring and Autumn Annals; the Mystical Diagrams of Cosmic Destiny): "The heaven turns leftward, the earth revolves rightward." This may mean rotation. Considering the relativity of mo-

tion, the author believed that the diurnal motion of the vault of heaven (turns leftward) was caused by the rotation of earth (revolves rightward).

3. *Shang Shu Wei—K'ao Ling Yao*《尚书纬·考灵曜》(Apocryphal Treatise on the *Shang Shu* Section of the *Historical Classic*; Investigation of the Mysterious Brightnesses): "The earth has four displacements. At the winter solstice, being high and northerly, it moves to the west 30 000 *li*. At the summer solstice, being low and southerly, it moves to the east 30 000 *li*. At the two equinoxes it occupies a middle position (neither high nor low). The earth is constantly in motion, never stopping, but men do not know it: they are like people sitting in a huge boat with the windows closed; the boat moves but those inside feel nothing." This passage was intended to explain by the earth's motion the annual variation of the midday altitude of the sun in its southern position. (Detailed exposition of which may be referred to [3].) What interests us most is that the comparison it used here on the relativity of motion almost coincides with that used by Copernicus in *De revolutionibus orbium coelestium*[4].

In the second century A. D., the celebrated classicist Cheng Hsüan had annotated the *K'ao Ling Yao* which was then widely circulated prior to the T'ang Dynasty. Chang Hua (232—300 A.D.), a naturalist of the Chin Dynasty had also quoted the above passage of *K'ao Ling Yao* in his compilation *Po Wu Chih*《博物志》(Record of the Investigation of Things), and even wrote a poem on it for further elucidation, saying that the yearly coming and going of the seasons were due to the "revolution of heaven and earth".[5]

Materials about the motion of the earth had also been collected in books like *Lieh-Tzu's T'ien-Jui P'ien*《列子·天瑞篇》(Lieh-tzu: Heaven's Gifts) and *Shih-Tzu*《尸子》(The Book of Master Shih) which were written nearly at the same time as Chang Hua's *Po Wu Chih*. Particularly in *T'ien-Jui P'ien*, we find an early concept of an infinite universe, which asserts that the celestial bodies are the gaseous balls travelling in the infinite space, and that the gas still exists where there is void of sun, moon, or stars, only it does not illuminate.

Down to the Sung Dynasty, Chang Tsai (1020—1077) further elucidated the idea of the motion of the earth to a more definite extent. He declared in *Cheng Meng-Ts'an Liang P'ien*《正蒙·参两篇》(Right Teaching for Youth; Interpretation of the Opposites) that the earth is in two ways of motion, one of which is its up-down shifting, as was stated by *K'ao Ling Yao* in its intention to explain with "the earth has four displacements" the changes of the length of day and night in a year; the other is its rotation which was intended to justify the diurnal motion of the vault of heaven. "The reason why stars making day and night," said he, "is simply that the *Ch'i* (气) of the earth, driven by some internal force (also) revolves continually to the right."① Here we should heed his mention of "internal force". This may indicate that he might believe that the revolution of the earth was an inherent attribute. He also said: "Anything that revolves possesses some internal force which is not from without."

In a word, in ancient China, the conception of a earth in motion occurred nearly as early as that of a static one, though a conspicuous theory on heliocentricism was still lacking. Both concep-

① In the original text, "to the right" was misprinted as "to the left," which is inexplicable.

tions struggled against each other throughout. There were still disputes between them down to the 16th century when the Jesuits came to China. On one side, the Fangs (Fang Yi-chih and his son) were still expounding the materials of *K'ao Ling Yao*[6], while on the other, Wang K'e-ta, Chang Huang and others were attacking those materials[7], even some of the Jesuits who had come to China earlier joined in their ranks.[8]

As in other countries, the conception of a earth in motion in ancient China was no more than a primitive, fragmentary one, due to the limitations on a low level of production and of scientific practice. Until production, commerce, geographical discovery and astronomical observation developed to a new stage, and the new class force in society emerged on the political arena, a scientific heliocentric theory could not have been fully verified. In an introduction to *The Dialectics of Nature*, F. Engels pointed out that one of the most significant characteristics that marked the Renaissance was the birth of "**modern natural science**", and that "**it alone attained to a scientific, systematic and all-round development**". Copernicus' *De revolutionibus* was precisely the starting point of modern natural science; he was different in quality from his predecessors. Using the numerous observation data (including that of his predecessors as well as that of his own in decades) as a basis, Copernicus, being not content with those perceptual material and through his own persistent analysis and research, remoulded the heliocentricism into a systematic scientific theory, thereby rendering a heavy blow to the idealistic world-view and starting to set natural science free from the yoke of theology. The Chinese people fully acknowledge the merit of Copernicus' revolutionary deeds and his great achievement of historical significance. Kuo Mo-jo, President of Academia Sinica once stated: "In the process of man's search for objective truth, Nicolaus Copernicus stands as a milestone.... His scientific way of working, his revolutionary spirit manifested in spreading scientific knowledge in collision with the reactionary forces deserves to be learned by the whole mankind."[9]

Ⅱ. *De revolutionibus orbium coelestium* and *Ch'ung-Chen-Li-Shu*

It was in the sixteen thirties that the name of Copernicus became known to the Chinese. However, it was not until another one hundred and thirty years had elapsed that his theory was introduced into China. The reason is that the Jesuit missionaries who had come to preach religion in China were none other than champions of divine power and church authority, and the cosmic view of the Society of Jesus, the foundation of its doctrine, was geocentricism which was opposed by Copernicus. It was impossible for such a society to introduce into China the Copernican theory which had shaken the foundation of theology, let alone the fact that in early seventeenth century, the Copernican theory underwent an arduous struggle in Europe. On the one hand, the parallactic phenomenon decisive to the justification of the Copernican theory had not yet been discovered. On the other hand, those who were propagating the Copernican views were savagely persecuted by the Pope; Bruno was burned at the stake, Galileo was twice brought to trial, and all books propagating the Copernican theory were banned. Under such circumstances, the Jesuits then coming to

China would not have dared to acknowledge and publicize the Copernican theory.

At the time of their arrival, a tide of exploring scientific and technological knowledge was surging in China on the impetus of the development of agriculture, handicraft, urban and rural commodity economy. In the field of astronomy, calendrical reforms took place several times. The Jesuit missionaries saw the advantages they could gain by acquainting the Chinese with the scientific advances that China was in need of. Especially if they could introduce themselves into official circles by their calendrical calculations, their position in China would be fortified and their missionary work enormously benefitted. This was unequivocally mentioned in the letter Li Ma-tou (Matteo Ricci) wrote to Europe from Peking.[10-11] In the light of the reports by Matteo Ricci *et al.*, the Jesuits were determined to use tactics of "academic preaching"; Jesuit missionaries expert in sciences arrived in China in succession.

Table 1 Comparison between *De Revolutionibus*[12] and *Ch'ung-Chen-Li-Shu*

	De Revolutionibus	*Ch'ung-Chen-Li-Shu*	Notes
1	Vol. 4, Chap. 5	Lunar Theory, Section 1: Method of determining the diameter and distance of the epicycle as well as the minimum distance of the moon (No. 7).	No. 6 is the method of Ptolemy, also translated from this chapter.
2	Vol. 4, Chap. 9	Lunar Theory, Section 1: Determining the ratio of the diameter of the secondary epicycle and that of the epicycle (No. 11).	
3	Vol. 4, Chap. 24	Theory of Eclipses, Section 4: Determining the maximum and minimum parallax of the moon, as well as its parallax at new moon.	
4	Vol. 4, Chap. 26	Theory of Eclipses, Section 4: The condition when the ecliptic is inclined to the horizon and when it is perpendicular to the horizon; components of parallax along the circle of longitude and perpendicular to it.	
5	Vol. 5, Chap. 6	Planetary Theory, Section 2: Method of determining the aphelion distance of Saturn and the equation of centre (No. 2).	Copernicus took the centre of the orbit of earth as that of Saturn, whereas the translator made the earth the centre of the orbit.
6	Vol. 5, Chap. 7	Planetary Theory, Section 2: Testing the ephemeris of Saturn by old and new observations (No. 3).	
7	Vol. 5, Chap. 11	Planetary Theory, Section 3: Old method of observing Jupiter (as recorded by Copernicus) (No. 2).	Same error as 5.
8	Vol. 5, Chap. 16	Planetary Theory, Section 4: Method of determining the aphelion distance and equation of centre of Mars. (Copernicus always used this graph in his observation and computation.)	Same error as 5.

Since they intended to use science and technology as a means to win the confidence of the Chinese, the Jesuits had to make their transmission of scientific knowledge through the test by scientific practice. In the field of astronomy, they must make their forecast of celestial phenomena tally with actuality. Thus, the objective laws of nature compelled them to deviate from their usual

belief and seek assistance from the works of Copernicus, Galileo and Kepler①.

Such self-contradictory position was expressed most clearly in the book *Ch'ung-Chen-Li-Shu* 《崇祯历书》(Ch'ung-Chen Reign Period Treatise on Astronomy and Calendrical Science). The Jesuits took part in its compilation. Its theoretical part was done by Jesuits Teng Yü-han (Johannes Terrentius), T'ang Jo-wang (J. A. Schall von Bell), Luo Ya-ku (James Rho) and others. They used a great number of quotations from *De revolutionibus*, translated eight chapters of it (Table 1), made use of seventeen of the twenty-seven observation data disclosed by Copernicus (Table 2), and acknowledged Copernicus as one of the four great astronomers (the other three being Ptolemy, Alfonso and Tycho); nevertheless they were silent on Copernicus' heliocentric theory. From their distorted accounts, the Chinese people learned that Copernicus was an astronomer of keen observation, but they were still ignorant of his revolutionary theory which was then tremendously transforming the European world of thought.

Ⅲ. The Victory of Copernican Theory in China

The Copernican theory set forth the truth about the structure of the solar system. The force of the truth was irresistible. In Europe, the ruthless suppression by the tribunal of the Inquisition did not block the victorious advance of the Copernican theory; in China, the discipline of the Society of Jesus and the opposition and blockade by the feudal rule could not halt its dissemination.

Early in 1650 or so, a Pole of the name of Nicholas Smogulecki did mention to the Chinese scholars the heliocentric theory. Unfortunately there was not enough material left behind, so no detail was known[6].

In 1722, when *Li Hsiang K'ao Ch'eng* 《历象考成》(Compendium of Calendrical Science and Astronomy) was under compilation, opinions advocating heliocentricism were brought forward but were not supported by the compilers. Hence in *Li Hsiang K'ao Ch'eng*, Tycho's system of the universe was still maintained.[13]

---

① In his article "Introduction of Western Astronomy into (Seventeenth Century) China" (*Kagakūshi Kenkyū*, No. 32, 1954), Kiyoshi Yabuuchi maintained that *Ch'ung-Chen-Li-Shu* entirely missed the achievement of Kepler. Such allegation is not correct. In *Planetary Theory. Section 4*, Several paragraphs were translated from Kepler's *Commentariis de motibus Stellae Martis*, whereas the translator made some distorting comments on it.

Table 2 Copernicus' Observation Records as Cited in *Ch'ung-Chen-Li-Shu*

	Date of Observation	Item of Observation	*De revolutionibus*	*Ch'ung-Chen-Li-Shu*
1	Nov. 6, 1500	Lunar eclipse	Vol. 4, Chap. 14	Lunar Theory, Section 4; List of Eclipses (No. 30)①
2	June 2, 1509	Lunar eclipse	Vol. 4, Chap. 13	Lunar Theory, Sections 4 & 2
3	Oct. 6, 1511	Lunar eclipse	Vol. 4, Chap. 5	Lunar Theory, Section 4 & 1
4	Sept. 5, 1522	Lunar eclipse	Vol. 4, Chap. 5	Lunar Theory, Sections 4 & 1
5	Aug. 25, 1523	Lunar eclipse	Vol. 4, Chap. 5	Lunar Theory, Sections 4 & 1
6	Feb. 25, 1514	Opposition of Saturn	Vol. 5, Chap. 6	Planetary Theory, Section 2
7	July 13, 1520	Opposition of Saturn	Vol. 5, Chap. 6	Planetary Theory, Section 2
8	Oct. 10, 1527	Opposition of Saturn	Vol. 5, Chap. 6	Planetary Theory, Section 2
9	April 30, 1520	Opposition of Jupiter	Vol. 5, Chap. 11	Planetary Theory, Section 3
10	Nov. 28, 1526	Opposition of Jupiter	Vol. 5, Chap. 11	Planetary Theory, Section 3
11	Feb. 1, 1529	Opposition of Jupiter	Vol. 5, Chap. 11	Planetary Theory, Section 3
12	June 5, 1512	Opposition of Mars	Vol. 5, Chap. 16	Planetary Theory, Section 4
13	Dec. 12, 1518	Opposition of Mars	Vol. 5, Chap. 16	Planetary Theory, Section 4
14	Aug. 25, 1523	Opposition of Mars	Vol. 5, Chap. 16	Planetary Theory, Section 4
15	1525	Moving of vernal equinox	Vol. 3, Chap. 2	Stellar Theory, Section 2
16	1515	Determination of obliquity of the ecliptic	Vol. 3, Chap. 10	Solar Theory
17	Sept. 27, 1522	Determination of horizontal parallax of the moon	Vol. 4, Chap. 16	Lunar Theory, Section 2

① Mentioned in *The List of Eclipses* were ten records of lunar eclipse of Copernicus' observation; since half of them (two in 1460, and one each in 1457, 1461 and 1481) were evidently not observed by Copernicus, hence discarded here.

On the fifteenth of July, 1730 (the first day of the sixth moon of the eighth year, Yung-Cheng Reign-Period of the Ch'ing Dynasty), there occurred a solar eclipse. The degree of obscuration in Peking calculated by the Tycho method was not so accurate as that by the Kepler's laws. Hence the Jesuit Tai Chin-hsien (Ignatius Kögler), Director of the Bureau of Astronomy, had to adopt and introduce to the Chinese scholars the Kepler's law that the planetary orbits are ellipses with the sun in one focus. The Ch'ing government then decided to reform the calendar once more. Its result was the *Later Edition of Li Hsiang K'ao Ch'eng*. In order not to overstep the limits of *Li Hsiang K'ao Ch'eng*, they distorted Kepler's law in the *Later Edition*, stating that the sun revolves round the earth in an elliptical orbit with the earth at rest in one focus.

In Europe, the heliocentric theory founded its base more firmly after the discovery of the laws of gravity. In early eighteenth century, instruments demonstrating Copernicus' solar system appeared in England. Two of them, the demonstration armillary spheres, were later sent to China, as mentioned in *Huang Ch'ao Li Ch'i T'u Shih*《皇朝礼器图式》(Illustrated Description of Sacrificial Vessels, Official Robes and Insignia, Musical Instruments and Astronomical Apparatus Used during the Ch'ing Dynasty). One of these was called "Hun T'ien He Ch'i Cheng Yi" (Fig. 3a), the other was called "Ch'i Cheng Yi" (Fig. 4a) with mechanical timepieces capable of automatically demonstrating the revolution of earth and planets round the sun. These two instruments are still kept in the Palace Museum in Peking (Figs. 3b, 4b).

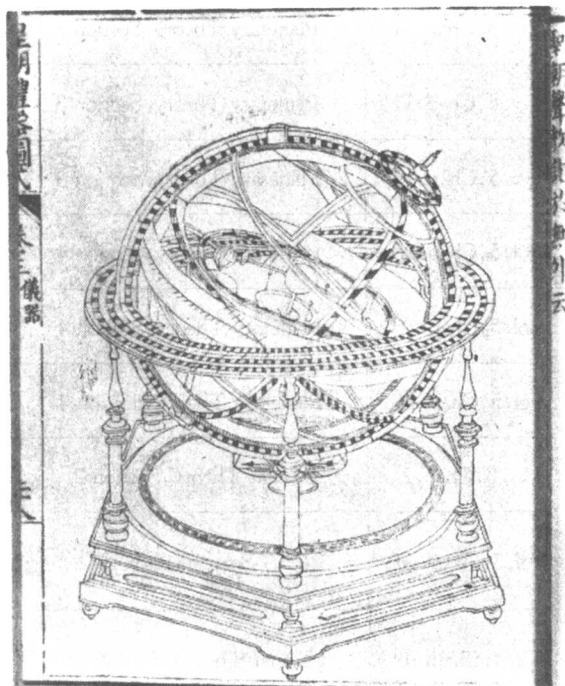



Fig. 3a The figure of "Hun T'ien He Ch'i Cheng Yi", as printed in *Huang Ch'ao Li Ch'i T'u Shih* (1759)

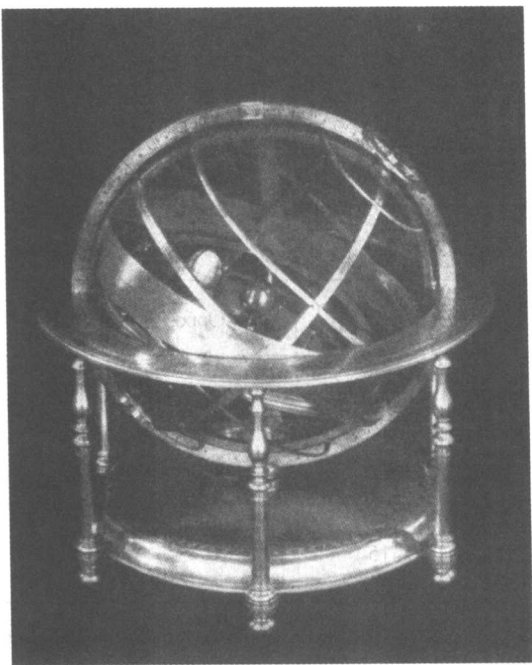



Fig. 3b "Hun T'ien He Ch'i Cheng Yi". (Palace Museum, Beijing)

Fig.4a The figure of "Ch'i Cheng Yi", as printed in *Huang Ch'ao Li Ch'i T'u Shih*(1759)

Fig. 4b "Ch'i Cheng Yi". (Palace Museum, Beijing)

. The reversion of Kepler's law in the *Later Edition of Li Hsiang K'ao Ch'eng* signified the dilemma of the geocentricists, while the instruments demonstrating the heliocentricism forced the Jesuits into a passive position. Hence the Jesuits had to set back in the light of the true nature of things what had been reversed by their predecessors. In 1760, the French Jesuit Chiang Yu-jen (Michel Benoist, 1715—1774) presented a map of the world entitled *K'un Yü Ch'uan T'u* (1.84m×3.66m) to Emperor Ch'ien Lung. The map includes both the eastern and western hemispheres, the diameter of each being 1.4m. Excellent illustrations with explanatory notes decorated round the map . Most of the notes refer to astronomy, and all the illustrations are astronomical charts. This map explicitly singled out the Copernican theory as the sole correct theory (Fig. 5), soundly set forth Kepler's three laws of planetary motion as well as some recent astronomical developments in Europe , such as the discovery that the earth is oval . However, it did not mention Newton's law of universal gravitation (1687), nor Bradley's observation of aberration of light (1725), while these events were of decisive importance to the victory of the Copernican theory in Europe.

Michel Benoist's world-map *K'un Yü Ch'uan T'u* was kept by Emperor Ch'ien Lung in secluded closet within the palace without the knowledge of the public. The two instruments demonstrating heliocentricism shared the same fate . After about four decades, the Chinese scholar Ch'ien Ta-hsin who took part in the embellishment of the explanatory notes published them under

the title of *Ti Ch'iu T'u Shuo*《地球图说》(An Illustrated Account of the Earth). He also asked his student Li Jui to draw further two maps and nineteen astronomical illustrations as supplements to it.

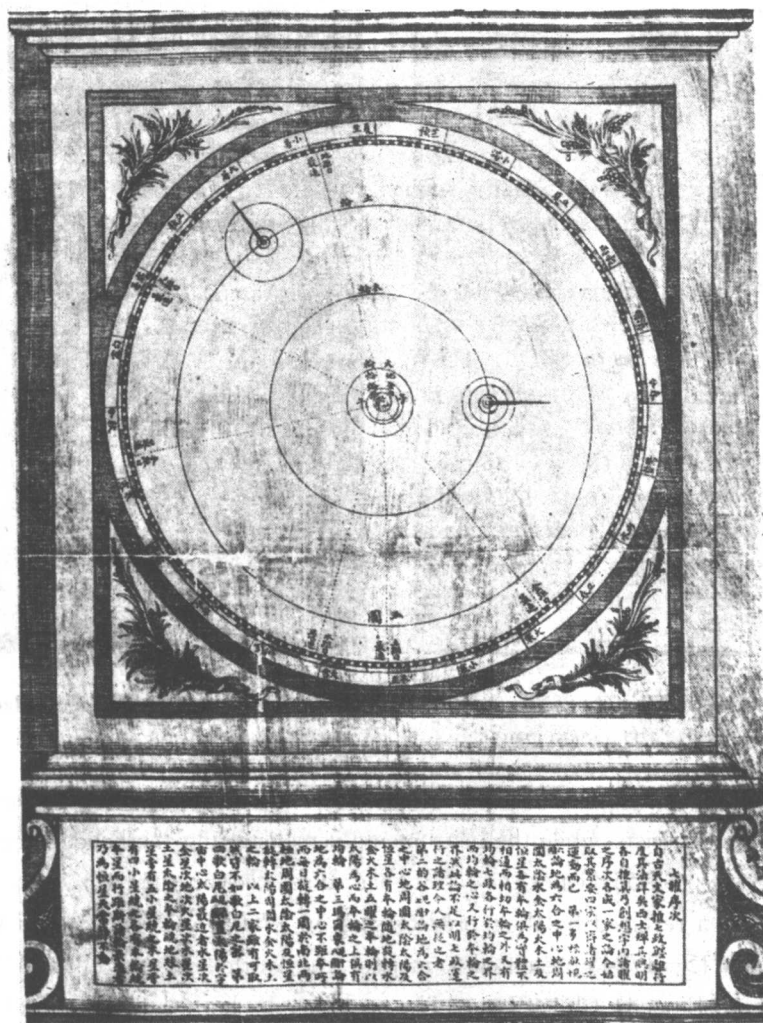



Fig. 5 Copernicus' solar system with explanations, as printed in *K'un Yü Ch'uan T'u* (1760)

It was a good idea of Ch'ien Ta-hsin's to publish *Ti Ch'iu T'u Shuo*, yet he asked a feudal bureaucrat Ruan Yuan to write a foreword to it . Ruan Yuan opposed heliocentricism. He considered it "transposing up and down, reversing motion and rest, discarding the classics, rebelling against the orthodoxy, and unworthy of instruction". [14] Though he did not use those acrimonious words in his *Foreword to Ti Ch'iu T'u Shuo*, he prated about the fallacy that "the earth is spheric and stays in the centre of heaven", to create a lot of confusion. With reference to the Copernican theory, he advised the readers "not to follow it just because of its newness", thus creating a pernicious influence upon his readers. Besides , Ch'ien Ta-hsin himself also viewed heliocentricism in a utilitarian way. [15] Although *Ti Ch'iu T'u Shuo* was put to print, it did not play its deserved role.

Men like Ruan Yuan and Ch'ien Ta-hsin were prominent figures of the Ch'ien-Lung and Chia-Ch'ing school of learning which was then dominating the learned circles of China. For quite a long period, words and opinions of Ruan Yuan , Ch'ien Ta-hsin and others met no challenge at all.

After another half a century, China degenerated into a semi-colonial, semi-feudal society due to imperialist aggression. Among the efforts to find a way to save China, there emerged a rising tide of learning from the West. At that time , astronomy based upon the Copernican theory already achieved tremendous success in Europe. To learn these achievements, China must repudiate the fallacies disseminated by Ruan Yuan and others in their attempt to hamper the progress of the Copernican theory.

Such a task was accomplished by Li Shan-lan, Wang T'ao and others. The first edition of a Chinese translation of *Outlines of Astronomy*, a systematic work by the renowned British astronomer John F. W. Herschel(1792—1871), was published in Shanghai in 1859 by Li Shan-lan. A later revised Chinese edition prepared by Hsü Chien-yin and supplemented with new developments up to 1871 appeared in 1874.

In his preface to the 1859 edition of the Chinese version of *Outlines of Astronomy* , Li Shan-lan pointedly refuted the fallacies of Ruan Yuan, Ch'ien Ta-hsin and others, indicating that these men had not made careful examinations, but trailed behind Confucian classics, rattling away thoughtless comments which were sheer nonsense. Whoever studied astronomy must bear in mind the truth of what was said of "seeking reason for it", that is, always go into the whys and wherefores of any phenomenon. Copernicus, Kepler and Newton were adept at seeking reasons for things, that's why each of them could have such invention and creation. Then, after substantiating the theories of the motion and eclipse of earth with principles of dynamics and numerous facts (such as the aberration and parallax of stars, etc.) to prove that they were irrefutable, Li Shan-lan categorically declared that "the book *Outlines of Astronomy* which was translated by Mr. A. Wylie and myself, maintains the theory that the earth is in motion and its orbit is elliptical. Those who are ignorant of the reasons of it are advised not to read this book". (Fig. 6)

The efforts of Li Shan-lan, Hsü Chien-yin and others along with some popular publications on astronomy and geography affirming the Copernican theory[16] helped to make the truth that the earth revolves round the sun irresistible and ever triumphant. There were still conservative die-hards though. A Lüwu Tiao-yang , for instance, in his "*T'an T'ien*" *Cheng Yi*《"谈天"正义》(A Review of *Outlines of Astronomy*) written in 1878, desperately hung on to the stale Confucian classics demanding astronomy "to be based on *Yi Ching* (Book of Changes)". He knew it was a lost battle, and lamented: "Alas! The ways of heaven being not clear, Confucianism is indeed in danger!"

After Li Shan-lan, another scholar Wang T'ao renewed the criticism of the errors of Ruan Yuan, Ch'ien Ta-hsin, Lüwu Tiao-yang and others. In 1889, Wang T'ao completed two works, one of which was an article entitled *Hsi Hsüeh T'u Shuo*《西学图说》(An Illustrated Account of Western Studies) and the other a translation of *Hsi Kuo T'ien Hsüeh Yuan Liu*《西国天学源流》(The Origin of Western Astronomy). The former managed with the latest astronomical achievements to assert the infallibility of the Copernican theory, while the latter repudiated from the point of

西士言天者曰恆星與日不動地與五星俱繞日而行故一歲者地球繞日一周也一晝夜者地球自轉一周也議者曰以天爲靜以地爲動動靜倒置違經畔道不可信也西士又曰地與五星及月之道俱係橢圜而歷時等則所過面積亦等議者曰此假象也以本輪均輪推之而合則設其象爲本輪均輪以橢圜面積推之而合則設其象爲橢圜面積其實不過假以推步非真有此象也竊謂議者未嘗精心考察而拘牽經義妄生議論甚無謂也古今談天者莫善於子輿氏苟求其故之一語西士蓋善求其故者也舊法火木土皆有歲輪而金水二星則有伏見輪同爲行星何以行法不同歌白尼求其故則知地球與五星皆繞日火木土之歲輪因地繞日而生金水之伏見輪則其本道也由是五星之行皆歸一例然其繞日非平行古人加一本輪推之不合則又加一均輪推之其推月且加至三輪四輪然猶不能盡合刻白爾求其故則知五星與月之道皆爲橢圜其行法面積與時恆有比例也然俱僅知其當然而未知其所以然奈端求其故則以爲皆重學之理也凡二球環行空中則必共繞其重心而日之質積甚大五星與地俱甚微其重心與日心甚近故繞重心即繞日也凡物直行空中有他力旁加之則物即繞力之心而行而物直行之遲速與旁力之大小適合平圜率則繞行之道爲平圜稍不合則恆爲橢圜惟歷時等所過面積亦等與平圜同也今地與五星本直行空中日之攝力加之其行與力不能適合平圜故皆行橢圜也由是定論如山不可移矣又證以距日立方與周時平方之比例及恆星之光行差地道半徑視差而地之繞日益信證以煤坑之墜石而地之自轉益信證以雙星之相繞多合橢圜而地與五星及日之行橢圜益信余與偉烈君所譯談天一書皆主地動及橢圜立說此二者之故不明則此書不能讀故先詳論之

咸豐己未重陽後八日海寧李善蘭序於崑山舟次

談天 序 一

談天 序 二

Fig. 6 Li Shan-lan's preface to the *Outlines of Astronomy* (1859). (The first essay publicizing the Copernican theory written by a Chinese)

historical development the metaphysical view of Ruan Yuan and the utilitarianism of Ch'ien Ta-hsin. Wang T'ao held that firstly history was making steady headway, the predecessors were inevitably to be surpassed by their successors; and secondly, that the planets moved along elliptical orbits was the definite result of the action of universal gravitation, not an illusion; the results of the calculations could be more correct than in ancient times only when they were done after elliptical orbits.

In the wake of such protracted, bitter struggle, the Copernican theory after all won victory in China. In 1897, the Copernican theory was put into ballads[17], showing its popularity.

Amidst the triumphant high tide, Hua Shih-fang in his *Chin Tai Ch'ou Ren Chu Shu Chi*《近代畴人著述记》(Anthology of Works by Modern Astronomers and Mathematicians) in 1884, raised the theory to the level of the theory of cognition and made a generalization of it. He said that the Copernican-Kepler's system "is obedient to Heaven to seek unity with reason, not reasoning in unity to test the vulnerability of Heaven". The first half of the sentence indicates that one must describe the nature in its true colours, and so conforms to materialist reflectionism; the latter half means that one can arbitrarily contrive some conditions to impose them upon nature, and so belongs to idealistic apriorism. The afore-mentioned quotations from Tu Yü (222—284 A.D.) represent the struggle between two antagonistic ideas in the development of astronomy. The struggle between the two ideas ran through all process in the thousands of years of the development of astronomy in China. It could not have been more appropriate to use these quotations to appraise the Copernican theory and Kepler's laws. They burst out the truth that the victory of the Copernican theory is also the victory of the materialist reflectionism.

IV. Epilogue

Since it began to bud in China, the heliocentricism has gone through a long way to reach final victory. This makes us perceive that it is impossible for the emerging new things to gain suc-

cess without difficulties and zigzags, without making strenuous efforts. Notwithstanding, science is to triumph over superstition, materialism is to triumph over idealism, such is an irresistible law of history.

History is progressing without interruption. From the Copernican theory, we have proceeded to the discovery that the solar system travels round the centre of the Galaxy, and further to the discovery of the extragalactic system and to the inquiring into metagalactic system. The extent of the universe and the astronomical phenomena come under our observation today are far wider and more multitudinous than in Copernicus' times . Discoveries in the recent decade of quasi-stellar objects, pulsars, background cosmic microwave radiation and inter-stellar organic molecules have furnished a brand-new prospect for the study of such theoretical problems of great significance as that of the evolution of celestial bodies , structure of matter , and the origin of life.

Because of the aggression and oppression by imperialism , feudalism and bureaucratic capitalism for more than a century, China has fallen behind a great length in science. After liberation, under the guidance of Chairman Mao's revolutionary line of the proletariat and the kind attention of the Party and Government, science and technology in China have made a great progress under the joint effort of workers , peasants, soldiers, revolutionary cadres and scientific workers. Nevertheless, to compare with advanced world level, there is still a wide gap. We are still a developing country. Steps have just been taken to the study of the afore-mentioned significant theoretical problems of science. In the spirit of "**Making the past serve the present and foreign things serve China**", we will learn from the people of all countries. Like Copernicus, we will have the courage to break paths where none have gone before and to scale heights yet unclimbed. We will strive to catch up with and surpass the advanced world level in the near future to make a greater contribution to humanity.

References

[1] Waerder , B. L. V. *Neujahrsbl. Naturforsch. Ges. Zürich*. 1970. 172, 55

[2] Heath, T. L. *Aristarchus of Samos*. Oxford: 1913.

[3] Maspero, H. *T'oung Pao*. 1929. 29, 336

[4] 哥白尼.天体运行论(1543).(李启斌译)科学出版社,1973。

[5] 张华:《励志诗》,见《昭明文选》卷九.

[6] 方以智:《物理小识》,卷二.

[7] 王可大《象纬新篇》和章潢《图书编》,均见《古今图书集成·乾象典》,卷5"天地总部".

[8] 高一志(Vagnoni, P. A.).空际格致.卷上"地性之静".

[9] 郭沫若.争取世界和平的胜利与人民文化的繁荣.新华月报,1953(10):175。

[10] Venturi, T. *Opere Storiche del P. Matteo Ricci* , II. Macerata, 1913.

[11] 裴化行.中国的天文学问题.新北辰,1925(1),1137。

[12] Коперник Н. О вращениях небесных сфер (перевод И. Н. Веселовского). издательство Наука. 1964.

[13] 《历象考成》卷九,"五星本天皆以地为心".

[14] 阮元:《畴人传》卷四十六,"蒋友仁传".

[15] 钱大昕:《与戴东原书》,见《潜研室文集》卷三十三.

[16] 《新释地理备考全书》(1847);《天文略论》(1849);《天文启蒙》(1886)等.

[17] 叶澜:《天文歌略》(1897).

〔This paper was published in SCIENTIA SINICA. Vol. 16, No. 3. 1973〕

我国古代的天文成就

毛泽东主席曾指出:“我们这个民族有数千年的历史,有它的特点,有它的许多珍贵品。”在这许多的珍贵品中,丰富的天文遗产是一个重要的组成部分。

和埃及、巴比伦、希腊一道,我国是世界上天文学发达最早的国家之一,而且历史最久,在有文字可考的将近四千年中,连续不断地有发现,有发明,有创造,有纪录,为人类积累了一批宝贵财富。其文献之多,也仅次于医学和农学,单是二十四史上就占有很大篇幅。这里只就历法、仪器、天象纪录和宇宙理论等四个方面,做一简单介绍。

一　精密的历法

古代的农业生产和季节气候有着密切的关系。人们在积累农业生产知识的同时,天文历法知识也逐渐积累起来。早在传说中的尧舜时代,我国劳动人民大概就已经注意到,每逢黄昏时在南方天空所看到的亮星随着季节的变化而有所不同,这是关于“年”的概念的开始。夏代(前21—前16世纪)可能已经有极为简单的历法知识。殷代(前16—前11世纪)的甲骨文中使用最大的数字到了3万,那时已用干支纪日(即用甲子、乙丑……癸亥来排列日子的次序)。西周(前11世纪—前771年)的金文中有大量关于月亮圆缺变化的记载。

长期的日子积累,再加上月亮圆缺和日影长短变化的仔细观察,就使得回归年和朔望月的周期准确起来,因而历法也就日趋精密化。《诗·小雅》中“十月之交,朔日辛卯,日有食之”的记载,表示那时的历法已经相当准确,我们现在使用的农历中的一些基本概念都有了。据近代计算,这次日食发生在周幽王六年(前776)。战国时代(前475—前221)已经普遍采用四分历,即取一年的长度为365.25日,约300年后罗马人于公元前43年采用儒略历时才用这个数字。宋代的统天历以365.242 5日为一年的长度,这和现今世界通用的格里高利历完全一样,但颁行的时间却比格里高利历(1582)要早383年。而明代邢云路于1608年测得回归年的长度为365.242 190日,已经准确到十万分之一日了!

在历法逐渐精密化的过程中,与农业生产有密切关系的二十四节气也逐步形成,并随着秦始皇统一全国(前221),而完全系统化了。从那时起到今天,两千多年来,“清明下种,谷雨插秧”等歌谣普遍流传,对我国的农业生产起了很好的作用。

值得注意的是,自汉武帝元封七年(前104)研制太初历开始,历代的历法工作并不单纯是计算朔、望、二十四节气和安置闰月等编排日历表的工作,而是包括日月食的计算和观测,行星位置的计算和观测,以及恒星位置的观测等一系列方位天文的工作。这就相当于现在编算天文年历的工作。例如,太初历中所列五大行星的会合周期,就已经很准确,误差最小的水星,只比今测值大0.03日,误差最大的火星也只大0.59日。

二　先进的仪器

观测的准确性是和仪器的创造与发明分不开的。早在公元前 1000 年左右，西周初期即已发明了最原始的天文仪器：土圭。这是垂直立在地上的一根标杆，可以用来定方向、季节和一年的长度。它后来演变成圭表。表是直立的柱子，圭是一支南北平放的尺，用来量度在太阳光照射中表影的长度。河南登封的测景台和量天尺就是元朝时按照圭表原理建成的。巍然耸立的测景台相当于一个坚固的表，平铺地面的量天尺即为石圭。圭长 30.3 米，台面与圭面相距 8.5 米。台上的房屋系明代所建，与观星、测影无关。

随着手工业的发展，在公元前 100 年左右，又发明了浑仪，由刻有度数的圆环和望筒（窥管）组成，可以用来测量天体的位置。表示天体位置的坐标系统可以有好几种，而我国从这时开始就采用赤道坐标，这一传统坚持了一千多年，到 16 世纪才为全世界所通用，至今仍是天文学中最基本的坐标系统。浑仪最初可能只有赤道圈和活动赤经圈，后来则逐步加多，又是二分圈、二至圈，又是黄道圈，又是地平圈、子午圈，结果是互相交错，用来测量天体时，常为阴影所遮掩，很不方便。到元代，进行了简化，把地平坐标和赤道坐标分别安装，叫做简仪。简仪有同时并测的效用，但没有相互遮掩的缺点，是我国天文仪器史上的一项重要贡献，它比第谷于 1598 年发明同样仪器要早 300 多年。

到了公元后 100 多年，又发明了水运浑象（天球仪），把天上的星星布置在一个球面上，并用水的力量发动齿轮系统，带动它转动。某星始出，某星到了中天，某星快要落到地平以下，浑象所表演的和实际天象很相一致。这项仪器，后来经过发展，到了宋代，建造成一个高约 12 米的水运仪象台，共分三层：上层放浑仪，进行天文观测；中层放浑象；下层设木阁。木阁又分五层，层层有门，每到一定时刻，门中有木人出来报时。例如，第一层共三个木人，每过一刻钟，有一个木人出来打鼓；每逢“时初”，一个木人出来摇铃；每逢“时正”，一个木人出来敲钟（古时分一昼夜为十二个时辰，每个时辰又分为时初和时正两部分）。木阁后面放有水力发动的机械系统，使观测仪器（浑仪）、表演仪器（浑象）和计时仪器构成一个统一的体系，按部就班地动作。

据近人研究，这个仪器在世界天文学史和钟表史上占有非常重要的地位：第一，它的屋顶是活动的，这是现今天文台圆顶的“祖先”；第二，浑象的旋转，一昼夜一圈，这是转仪钟（现今天文台的跟踪机械）的“祖先”；第三，这个计时设备中有个擒纵器（卡子），是近代钟表的关键部件，因此，它又是钟表的“祖先”。

三　丰富的天象纪录

现在，全世界公认，中国是欧洲文艺复兴以前天文现象的最精确的观测者和纪录者。今年年初在长沙马王堆三号墓中出土的帛书中就记载有从秦始皇元年（前 246）到高后元年（前 187）之间凡 60 年的木星位置和从秦始皇元年到汉文帝三年（前 177）之间凡 70 年的土星和金星位置。

早在伽利略利用望远镜观测到黑子以前，自汉代起，二十四史中已做了 100 多次纪录，有位置，有日期，有变化。最早的一次是“汉成帝河平元年（前 28）三月乙未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中央”。（《汉书·五行志》）和黑子活动有联系的极光现象，我国也有丰富的纪录。从《汉书·天文志》里记载的建始元年九月戊子（前 32 年 10 月 24 日）的一次开始，到 10 世纪为止

就有145条。利用这些资料可以研究地球磁场的变化和日地关系等问题。

殷代的甲骨文中已有日、月食纪录。从汉代起,对日食的观测,已有日食时太阳的位置、初亏和复圆的时刻、亏起方向。例如:“征和四年(前89)八月辛酉晦(即月末一天),日有食之,不尽如钩,在亢二度;晡时(即申时)食,从西北;日下晡时,复。”(《汉书·五行志》)总计我国历史上的日食纪录,约在1100次左右。对这些纪录的详细研究,将会对万有引力常数是否在减小的探讨有所帮助。

我国历史上约有600次彗星纪录。《晋书·天文志》中已经明确地说到,彗星本身不发光,尾巴永远背着太阳(“彗体无光,反日而为光,故夕见则东指,晨见则西指”)。从秦始皇七年(前240)到清宣统二年(1910),哈雷彗星共出现过29次,每次我国都有纪录,为世界提供了一份宝贵资料。利用它可以研究哈雷彗星轨道的变化,可以探讨冥王星以外还有没有行星等问题。在唐朝,还纪录了一次彗星分裂现象:“乾宁三年(896)十月有客星三:一大,二小,在虚、危间,乍合乍离,相随东行,状如斗,经三日,而二小星没,其大星后没虚、危。”(《新唐书·天文志》)

和彗星相联系的流星雨,我国也有大量纪录。最早的要推《竹书纪年》中记载夏朝末期的一次流星雨:“帝癸(即桀)十五年(当在前16世纪)夜中星陨如雨”。有些纪录非常详细,如《宋史·天文志》中关于狮子座流星雨的一次记载:“咸平五年九月丙申(1002年10月12日),有星出东方,西南行,大如斗,有声若牛吼,小星数十随之而陨。戊戌(10月14日)又有星数十,入舆鬼,至中台,凡一大星偕小星数十随之。其间两星如升器,一至狼,一至南斗灭。”

流星坠落在地上,便叫做陨星。陨星按其成分,有陨石和陨铁之分。沈括的《梦溪笔谈》卷20中,有关于一块陨铁的详细记载,说“其大如拳,一头微锐,色如铁,重亦如之”。不但在二十四史上,在各地的地方志中,也都有关于陨星的记载。

彗星、流星、陨星,我国古时合称“彗孛流陨”。现在知道,这些都是属于太阳系的天体,而且彼此有演化上的联系。另外,古时还有和彗星常常相混的一种天象,叫客星。它是恒星的一种,远处于太阳系之外,本来很暗,因为内部结构突然改变,忽然辉煌灿烂起来,在几天之内有的亮度增加几千倍到几万倍,这叫做新星;有的增加几千万到几万万倍,这叫做超新星。

甲骨文中已有新星纪录。《汉书·天文志》中的“元光元年(公元前134年)六月,客星见于房”,是中外历史上都有纪录的第一颗新星。从此以后,到1700年为止,我国约纪录了90颗新星或超新星。其中最引人注意的是1054年出现在金牛座的超新星。

关于这颗超新星,只有中国和日本有观测纪录:“嘉祐元年三月辛未(1056年4月6日),司天监言:自至和元年(1054年)五月,客星晨出东方,守天关(金牛座ζ星),至是没”。(《宋史·仁宗本纪》)根据这一段纪录和其他纪录,画出来的光变曲线,和近代天文学中所测得的超新星的光变曲线很相一致。有趣的是,在这颗超新星出现的位置上,用光学望远镜看到了一个蟹状星云,这个星云的年龄只有“一千岁”,恰好是1054年超新星爆发的产物。更有趣的是,蟹状星云本身还是一个“自动电台”,既发射无线电波,又发射X射线和γ射线;在蟹状星云的中心又有一个规则的、快速重复的“脉冲体”,它既有射电脉冲,又有光学脉冲。这种脉冲体现在被认为正是根据恒星演化理论推断出的演化到晚期的中子星。这个中子星的质量和太阳差不多,体积却非常小,直径仅20千米左右,因此密度高达每立方厘米1亿吨;自转非常快,一周只需0.033秒;表面温度高达1 000万摄氏度,辐射能为太阳的100倍;而且具有极强的磁场(10^{12}高斯)。这种超高密、超高温物质的发现,进一步证明了宇宙间物质的多样性,对解决恒星的演化、基本粒子和化学元素的形成都有重大意义,成了1968年以来高能天体物理研究的一个前沿阵地。1973年又发现蟹状星云的中心可能不限于这一个中子星,还有别的残骸,因此更加引起了人们的注意。

四　朴素的宇宙理论

我国古代天文不仅在实用方面和观测方面是先进的，在理论方面也有许多杰出的见解，具有朴素的唯物主义性质。在战国时期，荀子就写出了《天论》这篇著名的著作，文章一开头即提出“天行有常，不为尧存，不为桀亡”，也就是说宇宙是按照其本身规律发展的，无论是尧还是桀，都影响不了它。这是非常鲜明的唯物主义观点。又说，星坠、木鸣、日食、月食和怪星的出现，“是无世而不常有之”，“怪之，可也；而畏之，非也”。最后，并提出了“制天命而用之”的响亮口号。

另外，相传商鞅的老师尸子曾给宇宙下了一个比较科学的定义：“上下四方曰宇，往古来今曰宙”，即宇宙包含着时间和空间，是物质存在的形式。同时他又模糊地提出了地动的思想：“天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昴”。大概是说：天的左旋（即日月星辰的东升西落），也可以看成是地右动引起的。

这一时期还有惠施提出地圆的思想：“南方无穷而有穷”，“我知天下之中央，燕之北，越之南是也。”而最重要的是屈原的《天问》，从天体起源到宇宙结构一连问了一大串的问题。虽然他仅仅提出问题，并没有给出答案，但是，怀疑就是对真理的追求，它既反映了人们当时对这些问题的看法，也促进了以后对这些问题的研究。秦始皇统一中国以后，封建社会前期关于宇宙结构的热烈讨论，和屈原的《天问》不能说没有关系。

在汉代，争论最激烈的两个学派是盖天说和浑天说。这两个学说都是以地为中心，都是错误的。但从相对真理和绝对真理的辩证关系来看，浑天说则比盖天说进步。盖天说主张“天圆地方”，浑天说则主张“天圆如弹丸，地如卵中黄”。盖天说所用的仪器只有土圭，浑天说则有浑仪和浑象。盖天说只有地平坐标，浑天说则增加了赤道坐标和黄道坐标。争论的结果是浑天说取代了盖天说。

在浑天说发展的同时，还有一种“宣夜说”，在思想上更先进一些。它认为，天没有形状，所看见的蓝色也非真色，日月众星漂浮在无限的空间里；所谓空间，也不是真空，到处充满着气体，只不过不会发光而已。

关于宇宙无限的思想，王充和张衡也都有过议论，但说得最好的还是唐代的柳宗元。柳宗元在《天对》中认为，宇宙既没有边界，也没有中心（“无中无旁，乌际乎天则”）。到了元朝，邓牧在《伯牙琴》中又提出了多重世界的想法。他说：“天地，大也，其在虚空中不过一粟耳。虚空，木也；天地犹果也。虚空，国也；天地犹人也。一木所生，必非一果；一国所生，必非一人。谓天地之外，无复天地，岂通论耶！”20世纪关于河外星系的研究，几乎完全肯定了他的预言。

关于宇宙在时间上的无限性，明代的《豢龙子》里有一段话很是有趣：“或问‘天地有始乎？’曰：‘无始也’。曰：‘天地无始乎？’曰：‘有始也。’自一元而言，有始也；自元元而言，无始也。”就一个天体系来说是有始有终的；但就无限多的天体系来说则是无始无终的。《豢龙子》对这个深奥的问题是说得多么清楚啊！

我国古代的天文还有许多成就，如对恒星位置的观测、星图的绘制、子午线长度的测量等，都是具有世界历史意义的。毛主席说：“学习我们的历史遗产，用马克思主义的方法给以批判的总结，是我们学习的另一任务。”我们一定要遵照这一教导，深入系统地整理研究祖国的天文学遗产，为使我国的天文事业迅速赶上和超过世界先进水平做出应有的贡献。

〔原刊《科学实验》（北京），1974年10月号〕

中国天文学史上的一个重要发现——马王堆汉墓帛书中的《五星占》

我国讲天文的专门书籍,最早的当推战国(前475—前221)时甘德所写的《天文星占》八卷和石申所写的《天文》八卷,成书约在公元前370年到前270年之间,比希腊著名天文学家伊巴谷的活动年代约早两个世纪。可惜这两部书早已失传,现存的所谓"甘石星经"一书,系宋代人的辑录,远非本来面目。其中关于行星的知识完全没有,关于恒星的叙述也仅有中官和东、北两官,还没有唐代的《开元占经》(成书于公元729年)中所引用的多。如今,令人庆幸的是,1973年年底在长沙马王堆三号汉墓出土的帛书中有《五星占》,约8 000字,共9部分(章),占文保存了甘氏和石氏天文书的一部分,其中甘氏的尤多。特别值得指出的是,末尾三部分列出从"秦始皇元年"即秦王嬴政元年(前246)到汉文帝三年(前177)凡七十年间木星、土星和金星的位置,并描述了这三颗行星在一个会合周期内的动态。它向我们表明,当时人们已经在利用速度乘时间等于距离这个公式,把行星动态的研究和位置的推算工作有机地联系起来,这就比战国时代甘、石零星的探讨前进了一步,而成为后代历法中"步五星"工作的先声。我们发现,它所载的金星的会合周期为584.4日,比今测值583.92日只大0.48日;土星的会合周期为377日,比今测值只小1.09日;恒星周期为30年,比今测值29.46年大0.54年。从马王堆三号墓的安葬日期为汉文帝"十二年二月乙巳朔戊辰",即公元前168年颛顼历二月二十四日,和其中的天象纪录到汉文帝三年为止,可以断定帛书的写成年代约在公元前170年左右。这比《淮南子·天文训》约早30年,比《史记·天官书》约早90年,但其中的这些数据却远较后二者精确。因此,这是现存最早的一部天文书,在天文史的研究上具有特别重要的价值。以下就它的内容作一简单介绍,供大家讨论。

一

水、金、火、木、土这五大行星,在早期还有另一组更为通用的名称,即:辰星(此星在帛书中尚有一个为其他书所没有用过的名称:小白)、太白、荧惑、岁星、填星(或镇星)。帛书中说:"东方木,其神上为岁星,岁处一国,是司岁";"西方金,其神上为太白,是司日行";"南方火,其神上为荧惑,□□□";"中央土,其神上为填星,宾填州星";"北方水,其神上为辰星,主正四时。"

五大行星,由于它们很亮,而且位置在星空的背景上不断变化,一定很早就被人们发现了。但是在先秦的文献中提到的却不多。《尚书·舜典》中"在璿玑玉衡,以齐七政"的"七政"二字,可以被理解为日、月和五星七个天体。《诗·小雅·大东》中的"东有启明,西有长庚"和《诗·郑风·女曰鸡鸣》中的"明星有烂",是关于金星的最早记载。到了战国时期,关于五星的知识大概就已很丰富了,五个名词的出现就说明了对它们的认识程度。《汉书·天文志》说:"古代五星之推无逆行者,至甘氏、石氏经,以荧惑、太白为有逆行。"《隋书·天文志》也说:"古历五星并顺行,秦历始有金、火之逆。又甘、石并时,自有差异。汉初测候,乃知五星皆有逆行。"

行星在天空星座的背景上自西往东走，叫"顺行"；反之，叫"逆行"。顺行时间多，逆行时间少。顺行由快而慢而"留"（不动）而逆行；逆行亦由快而慢而留而复顺行。本来行星都是自西往东走的，而且也不会停留不动，所以发生留、逆现象，完全是因为我们的地球不处在太阳系的中心，而是和其他行星一道沿着近乎圆形的轨道绕太阳运转。行星在自己的轨道上绕太阳转一圈所需要的时间，叫做"恒星周期"，地球是 1 年，土星是 29.46 年。离太阳愈远的行星，其恒星周期愈长。所以恒星周期代表日心运动。但是我们不是住在太阳上来看行星的运动的，而是在运动中的地球上来看其他行星的，因而就发生了太阳、地球和行星这三者之间的关系问题。

在图 1 中，我们把行星（P）、地球（E）和太阳（S）之间的夹角 PES 叫"距角"，即从地球上来看时，行星和太阳的角距离。这个距离可以由太阳和行星的黄经差来表示。黄经即从春分点起，沿黄道大圆所量度的角度。显然，对于处在地球轨道以外的外行星（火、木、土等）来说，距角可以从 0°到 180°；但对内行星（金、水）则不能超过一最大值。这一最大值随行星轨道的直径而异，金星为 48°，水星为 28°。内行星处在这个最远位置时，在太阳之东叫东大距，在西叫西大距，此时最便于观测。中国古时叫三十度为一"辰"，因为水星离太阳的视距离不能超过一辰，所以把水星叫做辰星。帛书中说："辰星主正四时，（春）分效（娄），夏至效（鬼，或井），（秋分）效亢，冬至效牵牛。"这话是合乎科学的。《史记》正义："效，见也。"二十八宿中娄、井、亢、牛四宿为当时春分、夏至、秋分和冬至时太阳所在的方位，也是水星所在的位置。反过来，观水星之所在，也可以定二分、二至的时节。帛书中这一段话和《开元占经》中所引甘氏的话完全相同，而《史记·天官书》中与此有关的话则全同石氏。此外，帛书中还有许多占文，全同甘氏，这里我们不拟一一列举。《史记》正义引《七录》云，甘公为楚人。长沙古属楚国，三号墓的下葬年代离楚亡（前 223）不过 50 多年，帛书中的占文多属甘氏系统也是理所当然。

图 1　行星的真实运动情况

当距角$\angle PES = 0°$，即行星、太阳和地球处在一条直线上，并且行星和太阳又在同一方向时，叫"合"。行星从合到合所需的时间，叫做"会合周期"。对于内行星来说，尚有上合和下合之分，会合周期从上合或下合算起都行。上合时行星离地球最远，显得小一点，但是光亮的半面朝着地球；下合时情况正相反，如图 2 所示。合的前后，行星与太阳同时出没，无法看到，故合只能由推算求得。帛书中还没有记载这方面的知识，它只能用晨出作为会合周期的起点，到后汉四分历（公元 85 年）才出现了合的概念。

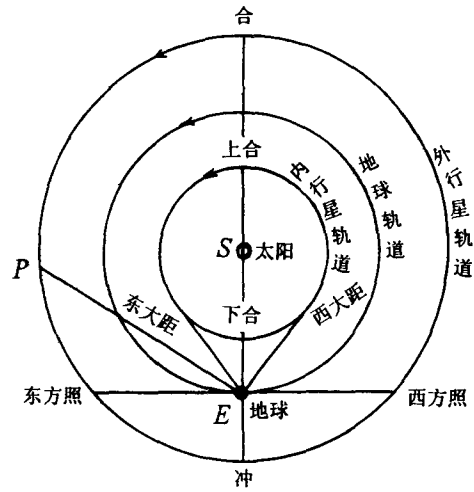
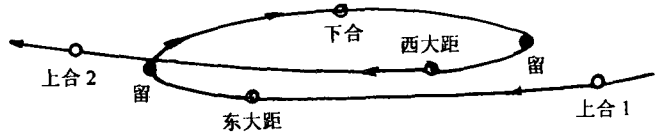



图 2　一个会合周期里内行星在星座间的移动情况（柳叶形）

当距角$\angle PES=180^{\circ}$，即行星、地球和太阳在一直线，但行星和太阳处在相反的方向时，叫“冲”。此时太阳从西方落下以后，行星立即从东方升起，整夜可见。这种情况只有外行星有，内行星永远不会有，故帛书中说金星“不敢经天”。外行星在冲的位置上时，离地球最近，也最亮，因而也最便于观测。

就内行星来说，上合以后行星出现在太阳的东边，表现为夕始见。此时在天空中顺行，由快到慢，越来离太阳越远；过了东大距以后不久，经过留转变为逆行；过下合以后表现为晨始见；再逆行一段，又表现为顺行，由慢到快，过西大距以至上合，周而复始。其在星空背景上所走的轨迹如图2所示，呈柳叶状。宋代的沈括对这一现象描写得最好。他在《梦溪笔谈》卷八里曾说：“予尝考古今历法五星行度，……其迹如循柳叶，两末锐，中间往还之道，相去甚远。”帛书中虽然没有这样深刻的认识，但它已把快、慢和顺、逆区别出来了。例如，帛书第九章最末一段关于金星的论述，井然有序地把它在一个会合周期内的动态分为“晨出东方——顺行——伏——夕出西方——顺行——伏——晨出东方”这样几个大阶段，而且对第一次顺行给出先缓后急两个不同的速度，对第二次顺行更给出先急、益徐、又益徐三个不同的速度，基本上都符合事实。这里虽然没有说出下合前后附近的逆行，但在第二章中有“其逆留，留所不利”；第三章中有“其出东方，反行一舍”，说明当时关于留和逆行的概念也有了。

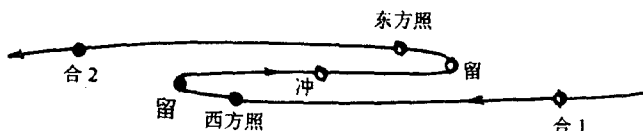



图3 一个会合周期里外行星在星座间的移动情况（“之”字形）

和内行星不同，外行星在会合以后，不是出现在太阳的东边，而是在西边，表现为晨始见。因为外行星的速度比太阳的小，虽然它仍是顺行，但被太阳拉得越来越远，结果是它在星空所走的轨迹如图3所示，呈“之”字形（有时也呈柳叶形），其先后次序是：合→西方照→留→冲→留→东方照→合。方照即距角$\angle PES=90^{\circ}$。西方照时，行星于日出前出现在正南方天空；东方照时，行星于日落后见于南中天。外行星的逆行发生在冲的前后，两次留之间，这时行星也最亮。正如《史记·天官书》所说，“反逆行，尝盛大而变色”。

二

在有了上述关于行星运动的基本知识以后，我们再进一步来讨论马王堆帛书中关于金星的记载。在五个行星中，帛书对金星用的篇幅最多，占了一半以上，而且把它的次序提前。在《史记·天官书》和《淮南子·天文训》中都是东→南→中→西→北，而这里则是东→西→南→中→北。

在占文中有一段话说：“以正月与营室晨出东方，二百二十四日晨入东方；濡行百二十日；夕出西方二百二十四日，入西方；伏十六日九十六分；晨出东方。”根据图1得知，从“晨出东方”到“晨入东方”，即是从下合以后金星在太阳的西边出现，到上合以前金星重新落在太阳光中的一段距离和时间；反之，从“夕出西方”到“入西方”则是从上合后经东大距到下合之前能看见的一段时间和距离。帛书把行星在上合附近看不见的一段时间叫“濡行”，按濡即浸，有淹没的意思（《史记·赵世家》有“引汾水灌其城，城不浸者三版”），在这里即是说上合时金星淹没在太阳光之中；与此同时，却把下合附近一段看不见的时间叫“伏”，即是说潜伏在太阳之下。这个

区别很有意义，因为现在我们知道，金星在上合时和下合时亮度是不一样的。当时可能已经注意到了金星的亮度变化，这在世界天文学史上是一件了不起的事情。

无论是上合或下合，金星都是在离开太阳 15 度(即距角$\angle PES > 15^{\circ}$)以后才能看到。运行的度数相等，为什么 潹行需要 120 天，而伏行只 16 天多，相差如此大？这由图 1 也可得到回答。因为从地球上看去，15 度所夹弧段，在下合附近比上合附近要短得多，故伏行日数比 潹行日数少得多。

把四个阶段的日数加起来，就是金星的会合周期：$224+120+224+16\frac{96}{240}=584.4$ 日。这比今测值 583.92 日只大 0.48 日，而在它之后的《淮南子》和《史记》却还停留在 635 日和 626 日，直到《汉书·律历志》才进一步提高到 584.13 日。

这里需要顺便说一下天体间距离的单位，以及日和度的奇零部分的记法。从关于金星的叙述中，我们得知，关于天体间的角距离当时已有三种记法：(1)度和分；(2)尺和寸；(3)指。用指表示角度，在《开元占经》引的《巫咸占》中也有，它也是我国很早就有的。当时没有小数概念，小数部分都是用分数表示的，分母往往取得很大。例如，《汉书·律历志》中关于行星会合周期的奇零部分的分母都在 7 位数字以上(金星为 $584\frac{1\,295\,352}{9\,977\,337}$日)，而且各行星的分母不同，很不方便。这里则一律用 240 分制，例如，金星的会合周期为 $584\frac{96}{240}$日。这是现今 60 进位制的四倍，很是方便。帛书在讲木星的时候曾说到“日行二十分，十二日而行一度”，即一度也是等于二百四十分。这一点很重要。它既反映了这时我国已有精确度较高的观测仪器[1]，又反映了秦孝公十二年(前 350 年)商鞅变法的内容。商鞅变法时曾废除百步为亩的制度，改用 240 步为一亩。

帛书中不但记录了精密的金星会合周期，而且注意到金星的五个会合周期恰巧等于 8 年。它说：“五出，为日八岁，而复与营室晨出东方。”1965 年科学出版社翻译出版的法国弗拉马利翁的通俗天文名著《大众天文学》第二册里曾说：“8 年的周期已经算是相当准确的了，事实上金星的五个会合周期是 8 年(每年 365.25 日)减去 2 天 10 小时”，他并且用这个周期预报了 20 世纪后半期金星作为晨星和昏星最易观测的时间，以及从 1956 年到 2012 年金星下合时可以看见光亮细环的时间(见该书第 307—308 页)。但是谁也没有想到，中国在 2 000 多年以前，就利用这个周期列出了 70 年的金星动态表。中国是天文学发达最早的国家之一，马王堆帛书的出土再一次证明了这一点。

三

设行星的黄经为 l，太阳的黄经为 $l_{日}$，二十八宿距星的黄经为 ls，则：

(1)l 与 ls 相近时，行星与此宿同时东升或西落；

(2)l 与 $l_{日}$相近，二者之差小于 15°时，行星在合附近，不能看到；

(3)$l < l_{日}$ 时，行星在太阳之西，表现为晨出东方；

(4)$l < l_{日}$ 时，行星在太阳之东，表现为夕见西方。

表 1 公元前 210 年二十八宿距星的黄经

宿名	距星今名	黄经	黄道广度	太阳在此宿的月份
角	室女座 α 星	172	13	
亢	室女座 κ 星	185	10	八月(秋分)
氐	天秤座 α 星	195	16	
房	天蝎座 π 星	210	5	九月
心	天蝎座 σ 星	215	5	
尾	天蝎座 μ 星	220	18	十月
箕	人马座 γ 星	239	10	
斗	人马座 Φ 星	249	24	
牛	摩羯座 β 星	273	7	十一月(冬至)
女	宝瓶座 ε 星	280	11	
虚	宝瓶座 β 星	291	10	十二月
危	宝瓶座 α 星	299	16	
室	飞马座 α 星	316	18	正月
壁	飞马座 γ 星	334	10	
奎	仙女座 η 星	345	17	二月(春分)
娄	白羊座 β 星	0	12	
胃	白羊座 35 星	12	15	
昴	金牛座 17 星	27	12	三月
毕	金牛座 ε 星	39	16	四月
觜	猎户座 λ 星	56	3	
参	猎户座 δ 星	58	8	
井	双子座 μ 星	65	30	五月(夏至)
鬼	巨蟹座 θ 星	95	4	
柳	长蛇座 δ 星	99	14	
星	长蛇座 α 星	113	7	
张	长蛇座 γ 星	119	17	六月
翼	巨爵座 α 星	136	19	七月
轸	乌鸦座 γ 星	154	18	

注:表中第四栏“黄道广度”即相邻两宿距星的黄经差,是从《后汉书·律历志》中直接取来的,没有把它算到公元前 210 年,也没有把中国度数(分圆周为 $365\frac{1}{4}$ 度)换算成现在的度数,所以和第三栏不完全一致,可供参考。又,第五栏“太阳在此宿的月份”是从《淮南子·天文训》中取来的,亦供参考。

根据这 4 个条件,我们可以考核帛书中所列的行星位置表是否合于当时实际的天象。二十八宿距星的黄经,我们以公元前 210 年(即取秦王嬴政元年和汉文帝三年之间正中间的一年)为历元,利用电子计算机作了一次计算列在表 1 中。至于行星和太阳的黄经则已经有人用电子计算机编了《从 −2500 年到 +2000 年太阳和行星的经度表》[2],可以直接查表得到。现在我们就利用这些基本知识来考核一下帛书中的金星位置。

1. 秦始皇元年“正月与营室晨出东方二百二十四日,以八月与角晨入东方;濡行百二十日,以十二月与虚夕出西方,取二十一于下。”由《日月食典》[3]查得,公元前 246 年(秦始皇元年)儒略历 3 月 4 日北京时间 2 时 41 分合朔,该日干支为丁未,与《历代长术辑要》载该年二月朔日干支合,由此得正月相当儒略历 2 月 2 日到 3 月 3 日。按是年正月金星的黄经为 288°～

294°,太阳的黄经为 310°～340°,$l < l_{日}$,行星在太阳的西方,差数($l_{日} \sim l$)从 22°增加到 46°,确是“晨出东方”,而且是“与营室($l = 316°$)晨出东方”,这个月内太阳正好从“室宿一”处经过。是年儒略历 9 月(相当于秦汉之际所用颛顼历的八月)16 日太阳的黄经为 160°,金星的黄经为 157°,相差 12°,已经到达上合附近,看不见了,而角宿一的黄经为 172°,太阳正在它的身边,故“以八月与角晨入东方”也是当时的实际天象。“取二十一于下”,即一年的“日数(365.25)减去晨出东方的日数 224,再减去 潺行日数 120,剩 21.25 日,其整数为 21,归于下一年进行计算。由此可见,这个星历表中所用的“年”不是由 12 个朔望月组成的阴历年(354 或 355 日),而是等于四分历的回归年,每月的平均日数为 30.44 日,没有置闰问题。该年十二月中旬以后金星的黄经为 308°～333°,太阳的黄经为 291°～311°,$l > l_{日}$,差数从 17°增加到 22°,而虚宿一的黄经为 291°,故“以十二月与虚夕出西方”,也是天象实际。

2. 二年“与虚夕出西方二百二十四日,以八月(按上下文应为七月之误)与翼夕入西方。伏十六日九十六分,与轸晨出东方。以八月轸晨出东方,行二百二十四日,以三月与昴晨入东方,余七十八。”从元年十二月中旬算起,经过二百二十四天之后,即到二年七月下旬 $\left[(224-21)\div 30.44 = 6\frac{20}{30}\right]$。是年儒略历 8 月 21 日金星的黄经为 142°,太阳的黄经为 144°,而翼宿一的黄经为 136°,三者极为一致,故金、日下合于翼,完全符合事实。过十六日以后,该年八月金星的黄经为 137°～141°,太阳的黄经为 154°～184°,轸宿一的黄经为 154°,$l < l_{日}$,差数从 17°增加到 43°,故“以八月与轸晨出东方”,也是事实。

从晨出东方到晨出东方,算是完成了一个会合周期,总日数为 584.4 日,但却没有回到原来的出发点(营室),所以还得继续往下追踪,一直经历了五个会合周期后,到秦始皇九年正月复“与东壁晨出东方”。这里的东壁即营室。《史记·天官书》中曾说:“太岁在甲寅,镇星在东壁,故在营室。”营室最早包括四个星,后来分成东壁和西壁,而专以西壁叫营室,这个金星位置表中还在混用。

现在再回头来说说“余七十八”的含义,即:$(224+120)+(224+16.4+224)-2\times 365.25 = 77.9 \approx 78$。这就是第一年内两个动态的日数和第二年内三个动态的日数加起来,比两年的日数多余 78 天,要挪用下一年的才行,也就是说,第二年内最后一个动态完了时就到三年三月了,故曰“三月与昴晨入东方”。按昴宿一的黄经为 27°,秦始皇三年三月金星的黄经为 345°～22°,太阳的黄经为 5°～33°,$l < l_{日}$,两者之差从 20°减小到 11°,于清晨在昴宿附近从看见到看不见了,这一记载也完全符合事实。

照此我们逐一核算,一直算到秦始皇八年,结果发现全都符合天象实际。再抽算汉高祖元年(前 206)和汉文帝元年(前 179)的结果,也都符合天象实际。因此可以得出结论:帛书中关于金星的 70 年的位置表是符合实际天象的,而秦始皇元年的必须是实际观测。

四

帛书中关于土星的占文最少,但却给我们留下了两个较精确的数字,即会合周期为 377 日,恒星周期为 30 年。前者只比今测值 378.09 日小 1.09 天,后者也只比今测值 29.46 年大 0.54 年,而在它之后的《淮南子》和《史记》却都比它落后。关于会合周期,《淮南子》没有提,《史记》认为是 360 天。关于恒星周期,它们都还停在“岁镇行一宿,二十八岁而周”的水平上,到《汉书·律历志》才又提高到 29.79 年。

帛书中对土星不但记下了较精确的周期值,而且还列了70年的位置表。由于土星运动得很慢,平均每月才移一度,所以这个表比较简单,考核起来也容易。只要查一下它在年初和年尾的黄经,就可以定出这一年的位置。再与表中所记录的星宿的位置进行对比,就可以知道这一年中土星是不是处在这一宿或它的附近;也可以知道,太阳走到这一宿时,土星是晨出东方,还是夕见西方。例如,由查表得知,秦始皇元年土星的黄经为297°~307°(即在虚、危),与室宿一($l=316°$)的黄经差为19°-9°,当太阳在室宿一附近时,土星应该是晨见。按该年儒略历2月13日(颛顼历正月十二日)太阳的黄经为321°(即刚进入室宿),这一天土星的黄经为299°,$l<l_{日}$,其差为22°,正好是"相与营室晨出东方"。可见第一条所载即是秦始皇元年实际天象。

但是,当我们逐一考核下去以后就会发现,在前30年的一个周期中,只有前8年是土星与太阳"相与晨出东方",在以后的22年中,就是土星在所列出的星宿内,当太阳走到这一宿时,土星反而因为离太阳太近,变得看不见了。例如,秦始皇二十年土星的黄经为187°~198°,亢宿的黄经为185°~195°,这年土星即运行在亢宿内。此年儒略历10月6日土星与太阳相合,黄经同为189°(在亢宿内)。而在合的前后一个月内,土星与太阳同时升落,无法看见。这样,秦王嬴政二十年土星就不是"与亢晨出东方"而是在亢宿了。

同一个表中,为什么有这样两种不同的含义?原因是二十八宿的黄道广度很不相同,最宽的井宿跨有30°,而觜宿仅只有2°。但编此表的人除了把室宿和井宿各分配在两年中外,其余二十六宿各分配一年,因而,觜宿仅2°也要算一年,而土星一年要走12°,这样,一下就差了10°。于是,本来是晨见的东西,就变成相合(看不见)的了。按:秦王嬴政九年土星的黄经为34°~48°(在毕宿)。觜宿一的黄经为56°,太阳过此宿的时间为儒略历5月22日,当日土星的黄经为46°,两者相差仅9°,因此土星变得不能看见,这和我们所推测的情况一致。

这样一来,我们就很难说,关于土星的这个表是完全按照天象实际排出来的。与金星的表相比,价值就要小一点了。但是这里有一件事是很重要的,那就是在秦始皇三十八年(前209年,即秦二世元年)赫然写上了"张楚"二字。张楚是陈胜、吴广领导的我国历史上第一次农民大起义所建的政权的国号,由这里可以看出《五星占》作者的政治倾向和农民起义军在当时的巨大影响。

五

帛书中关于木星的知识,也有较《史记》与《淮南子》进步之处。在恒星周期方面,三者都是从甘氏、石氏那里继承下来的,即十二年一个周期。但在会合周期方面,石氏和《淮南子》都没有提,甘氏认为400天(见《开元占经》卷23所引)。《史记·天官书》没有明确地提出,但从文字叙述可以认为是395天。帛书中明确地说明"皆出三百六十五日而夕入西方,伏三十日而晨出东方,凡三百九十五日百五分[而复出东方]。"$395\frac{105}{240}$日=395.44日,与今测值398.88日相差3.44日。到《汉书·律历志》才又提高到398.71日,与今测值只差0.17日了。

帛书中关于木星占的一开头,就有一段关于岁星纪年的话。这段话与《汉书·天文志》中所列石氏、甘氏和太初历的都有些不同,为我们研究秦汉之际的岁星纪年问题提供了很好的资料。在表2中,把它们作了比较。值得注意的是,《淮南子》、《史记》和《汉书》中的叙述都是抽象地排列出一个周期来,并不与实际年月发生联系,而帛书中则据此列出一个表来,从秦始皇元年起到汉文帝三年为止,凡70年,将近6个周期。这样就为我们提供了实际材料,从而可以

判断它是否合于当时的天象。现将考察结果列在表 3 中。

表 2　岁星纪年

太岁在	岁　名	岁星以某月与某宿晨出东方(括号内是十二辰的方位)			
		月　份	石氏(甘氏略同)	帛　书	太初历
寅	摄提格	正月	斗、牵牛(丑)	室　(亥)	室、壁(亥)
卯	单阏	二　月	女、虚、危(子)	壁　(戌)	奎、娄(戌)
辰	执徐	三　月	室、壁(亥)	胃　(酉)	胃、昴(酉)
巳	大荒落	四　月	奎、娄(戌)	毕　(申)	参、伐(申)
午	敦牂	五　月	胃、昴、毕(酉)	井　(未)	井、鬼(朱)
未	协洽(汁给)	六　月	觜、参(申)	柳　(午)	柳、星、张(午)
申	涒滩(莫芮)	七　月	井、鬼(未)	张　(巳)	翼、轸(巳)
酉	作鄂(作噩)	八　月	柳、星、张(午)	轸　(辰)	角、亢(辰)
戌	阉茂	九　月	翼、轸(巳)	亢(房?)(卯)	氐、房、心(卯)
亥	大渊献	十　月	角、亢(辰)	心(尾?)(寅)	尾、箕(寅)
子	困敦	十一月	氐、房、心(卯)	斗　(丑)	建星、牵牛(丑)
丑	赤奋若	十二月	尾、箕(寅)	虚　(子)	女、虚、危(子)

表 3　木星位置

时　间	日在某宿	儒略日期(公元前)	木星位置	黄经差	表现形式
秦始皇　元年正月	室(316°～334°)	246 年 2 月 8 日～26 日	276°～280°(牛)	40°～54°	晨出东方
二年二月	壁(334～345)	245 年 2 月 26 日～3 月 8 日	307～311(危)	27～34	晨出东方
三年三月	娄(0～12)	244 年 3 月 24 日～4 月 6 日	342～345(壁)	18～27	晨出东方
	胃(12～27)	4 月 6 日～21 日	345～348(奎)	27～39	晨出东方
四年四月	毕(39～56)	243 年 5 月 4 日～22 日	19～23(胃)	20～33	晨出东方
五年五月	井(65～95)	242 年 5 月 31 日～7 月 2 日	52～59(毕、觜、参)	13～36	晨出东方
六年六月	柳(99～113)	241 年 7 月 5 日～20 日	86～89(井)	13～24	晨出东方
七年七月	张(119～136)	240 年 7 月 26 日～8 月 3 日	114～119(星)	5～17	晨出东方
八年八月	轸(154～172)	239 年 9 月 2 日～19 日	146～150(翼)	8～22	晨出东方
九年九月	亢(1,5～195)	238 年 10 月 2 日～12 日	177～179(角)	8～16	晨出东方
	氐、房(195～215)	10 月 12 日～11 月 1 日	179～183(角)	16～32	晨出东方
十年十月	心(215～220)	237 年 11 月 1 日～5 日	207～209(氐)	8～11	不见
	尾(220～239)	11 月 5 日～23 日	209～212(氐、房)	12～27	晨出东方
十一年十一月	斗(249～273)	236 年 12 月 4 日～26 日	239～245(箕)	10～28	晨出东方
十二年十二月	女(280～291)	234 年 1 月 3 日～14 日	272～275(牛)	8～16	晨出东方
	虚(291～299)	1 月 14 日～22 日	275～277(牛)	16～22	晨出东方
十三年正月	室(316～334)	234 年 2 月 8 日～26 日	281～284(女)	34～50	晨出东方
汉高帝　元年五月	井(65～95)	206 年 5 月 31 日～7 月 2 日	63～70(井)	2～25	晨出东方
代皇　元年十二月	女、虚(280～299)	186 年 1 月 3 日～22 日	288～292(女)	−8～+7	不见

注:表中“秦始皇”(即秦王嬴政)三年和十二年各算了两个位置是因为帛书中有两个提法,计算结果则是与《淮南子·天文训》中提法一致的胃和虚更符合实际,按《淮南子·天文训》九月和十月应是房和尾,所以九年和十年也算了两个数据。事实证明,房和尾也是比较正确的。

为了节省篇幅,在表3中我们只选了前12年一个整周期的,又抽选了3年的,即秦王嬴政十三年、汉高祖元年和代皇(高后)元年的。在这15年中,13年都符合事实,即岁星与某宿晨出东方。只有十年十月和代皇元年十二月不符合。十年十月虽然不是太阳在心宿时木星晨出东方,但仍是这一个月内在尾宿时晨出东方。也还是基本符合事实。代皇元年十二月的不合,则是由于木星的恒星周期为11.86年,而这个表是按12年排的,在过了五个周期之后就差$5\times(12-11.86)=0.7$年,按木星每年走30°算,0.7年就差$0.7\times30=21°$,即木星的实际位置要比按12年周期预报的位置提前21°,这个现象在后来叫做"岁星超辰"。西汉初年的天文家虽然没有发现这个现象,但是这个现象已经使得本来能看到的天象看不见了。此后,在从代皇二年到汉文帝三年的10年中,有7年都是看不见。这样,就迫使此后不久的天文家发现了"岁星超辰"现象,使关于木星周期的知识更加精确了。

六

现在我们再综合讨论一下秦始皇元年和八年、汉高帝元年和汉文帝三年的天象,来断定帛书中三个行星位置表的意义。

1. 秦始皇元年正月初七(儒略历公元前246年2月8日)太阳与室宿一相合,$l_{日}=316°$,此日五大行星的黄经及其与太阳的关系为:

水:$l_{日}-l_{水}=316°-313°=3°$,在合附近,看不见。

火:$l_{日}-l_{火}=316°-118°=198°>180°$,日出之前已由西方落下,早上看不见,是昏星。

土:$l_{日}-l_{土}=316°-299°$(在虚)$=17°$,晨出东方。

金:$l_{日}-l_{金}=316°-286°$(在女)$=30°$,晨出东方。

木:$l_{日}-l_{木}=316°-276°$(在牛)$=40°$,晨出东方。

在立春($l_{日}=315°$,正月初六)后的第二天早晨,土星、金星和木星几乎等距离地排列在东方天空,对于古人来说确是一种祥瑞之象。所以帛书就以它为实测历元来编制了这三个行星的位置表。对于当时看不见的水星和夜晚才能看见的火星存而不论,也是有道理的。

2.《吕氏春秋·序意篇》有"维秦八年,岁在涒滩,秋甲子朔。"公元前239年4月15日有一次日食发生,此日应为颛顼历三月朔,并由儒略积日1 634 233算得此日的干支为丙寅,与《历代长术辑要》所排相合。从而可以断定"秋甲子朔"即秋七月甲子朔,颛顼历七月相当于儒略历8月11日到9月9日。8月20日(七月初十)木星和太阳在翼宿相合,$l_{木}=l_{日}=143°$,看不见。此后,从地球上看来,太阳渐渐离开木星往东走,到八月初一(9月10日)时,$l_{日}-l_{水}=163°$(在轸)$-148°$(在翼)$=15°$,木星就开始晨出东方了。所以帛书中关于木星的记载"八月与轸晨出东方"是符合实际天象的,并由此可以看出,与某宿晨出东方的"某宿",是太阳所在的宿度,而不是星在某宿。

这里有一个问题:按帛书岁星"以八月与轸晨出东方,其名作噩"。由表2这一年应为辛酉年,而《吕氏春秋》则记为"岁在涒滩",是庚申年;在现在通行的干支纪年表中又是壬戌年。这个差别,起因于岁星超辰,可以有不同的解释,说起来比较复杂。读者如有兴趣,可参阅文献[4]。

3. 由表3得知,汉高帝元年五月木星既是运行于井宿内,又是与井宿晨出东方,帛书记载"五月与东井晨出东方"是符合实际天象的;《汉书·律历志》引《世经》中的"汉高祖皇帝著纪,代秦继周……岁在大棣,名曰敦牂,太岁在午",也是正确的。按帛书,木星"以正月与井晨出东

方，其名为敦牂。”在这里，岁星既在井宿，又与井宿晨出东方，二者所得结果是一致的。因为井宿的跨度特宽，有三十度。

从《-2500到+2000年太阳和行星的经度表》得知，汉高帝元年七月（儒略历8月5日到9月4日）有五星联珠发生。七月初三那天五大行星和太阳（在张宿）的关系如下：

水：$l_{日} - l_{水} = 130° - 112°$（在柳）$= 18°$

金：$l_{日} - l_{金} = 130° - 111°$（在柳）$= 19°$

土：$l_{日} - l_{土} = 130° - 87°$（在井）$= 43°$

木：$l_{日} - l_{木} = 130° - 77°$（在井）$= 53°$

火：$l_{日} - l_{火} = 130° - 3°$（在娄）$= 127°$

也就是说，清晨日出之前，五大行星都能看得见，而且木星和土星居于中央，聚集在井宿内。计算结果表明，从头一年十月到该年九月只有七月有这一现象发生。可见《史记》、《汉书》和《前汉纪》等书中的汉“元年冬十月，五星聚于东井，沛公至灞上”，实际上是后来的史学家把刘邦至灞上和至灞上后的第十个月（从前一年十月到当年七月）所发生的天象联系在一起，从而以附会石氏《天文》书中所说的“岁星所在，五星皆从而聚于一舍，其下之国可以义致天下。”

4．我们再看看表中的最后一年——汉文帝三年（前177）的纪录与实际是否符合。金星“以六月与柳晨入东方”，按六月甲子朔（儒略历7月15日），太阳和金星都在柳宿，$l_{日} - l_{金} = 109° - 105° = 4°$，已经快相会合了，是晨入东方，“以九月与心夕出西方”，九月癸巳朔（10月14日），金星在心宿，太阳在氐宿，二者的黄经差 $l_{金} - l_{日} = 218° - 198° = 20°$，金星又开始于黄昏时出现于西方了。纪录也与事实符合。木星于九月底与太阳在尾宿相会合，到十月二十一日（12月2日）时，太阳已行至箕宿末，而木星仍在尾宿，二者的黄经差 $l_{日} - l_{木} = 248° - 232° = 16°$，木星又晨出东方了，但不是与心，也不是与尾，而是与斗晨出，也就是说岁星超一辰了。这年不应是癸亥年而应是甲子年（见表2）。也许就是这个原因，这个星历表到这一年就结束了。

由以上四个年份中天象的讨论，我们可以得出这样的结论：帛书中木星、土星和金星的70年位置表是根据秦始皇元年的实测纪录，利用秦汉之际的已知周期排列出来的，可能就是颛顼历的行星资料。由于金星的周期最准确，所以最符合天象；木星其次；土星最差。在讨论的四个年份中前三个符合实际，最后一个不符合。

附录：前汉时期行星周期知识

为方便读者，现把从战国时期到汉武帝时期关于行星周期的知识列成表4，从中可看出其发展。

表4　前汉时期行星周期知识

星名	会合周期				恒星周期			
	甘、石	帛书	太初历	今测值	甘、石	帛书	太初历	今测值
水星	126日		115.91日	115.88日			1年	88日
金星	620日和732日	584.4日	584.13	583.92			1	225
火星			780.53	779.94	1.90年		1.88	1.88年
木星	400	365.44	398.71	398.88	12	12年	11.92	11.86
土星		377	377.94	378.09		30	29.79	29.46

注：甘、石数据转引自《开元占经》，太初历数据引自《汉书·律历志》。

参 考 文 献

[1] 徐振韬.从帛书《五星占》看"先秦浑仪"的创制.考古,1976(2).
[2] Willian D. Stahlan and Owen Gingerich. Solar and Planetary Lonbgitudes for Years－2500, to 2000, 1963.
[3] Theodor Ritter von Oppoloer. Canor of Eclipses, 1962.
[4] 陈久金.从马王堆帛书《五星占》的出土试探我国古代的岁星纪年问题.中国天文学史文集.科学出版社,1978.

〔原刊《文物》,1974年第11期;选自《中国天文学史文集》第一辑,北京,科学出版社,1978〕

《五星占》释文和注解

说　明

在1973年长沙马王堆三号汉墓出土的帛书中，有关天文学方面的文字约8 000字，但没有标题，现在根据内容定名为《五星占》，并区分为九章，加以整理公布。它给我们提供了极为丰富的资料，大家可以从不同的角度去研究。

为了便于阅读，原件中的古体字、异体字，释文中均改用现在通行的字体排印，并用圆括号注明是今之某字，如“央(殃)”、“胃(谓)”。原来的错字，用尖括号注出正字，如“其道〈逆〉留”即“道”为“逆”之误。缺文可据上下文或唐代以前的书籍(主要是《史记》、《汉书》和《开元占经》)补出的，即行补出，外加方头括号，如“其明岁【以】八月与轸晨出东方”的“以”字是补出来的。释文中右上角圆圈中的阿拉伯数字，为我们所加的注释号，右下角的数字(汉字，如“一”、“二”“三”等)表示原件的行数。补不出的缺文，用方框代替，如“□□”。整理中的不妥之处，请批评、指正。

第一章　木　　星①

东方木，其帝大浩(昊)，其丞句巟(芒)，其神上为岁星②。岁处一国，是司岁③。岁星以正月与营室晨【出东方，其名为摄提格。其明岁以二月与东壁晨出东方，其名】为单阏④。其明岁以一三月与胃晨出东方，其名为执徐。其明岁以四月与毕晨【出】东方，其名为大荒【落。其明岁以五月与东井晨出东方，其名为敦牂。其明岁以六月与柳】晨出东方，其名二为汁给(协洽)。其明岁以七月与张晨出东方，其名为芮莫(涒滩)。其明岁【以】八月与轸晨出东方，其【名为作噩】(作鄂)。【其明岁以九月与亢晨出东方，其名为阉茂】。其明岁以十月与心晨出三【东方】，其名为大渊献。其明岁以十一月与斗晨出东方，其名为困敦。其明岁以十二月与虚【晨出东方，其名为赤奋若。其明岁以正月与营室晨出东方】，复为摄提四【格，十二岁】而周。皆⑤出三百六十五日而夕入西方，伏卅日而晨出东方，凡三百九十五日百五分【日而复出东方⑥】。□□□□□□□□□□□□□□□视下民公□□□五羊(祥)，廿五年报昌。进退左右之经度。日行廿分，十二日而行一度⑦。岁视其色以致其□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□为相星□□六列星监正，九州以次，岁十二者，天榦也。营室摄提格始昌，岁星所久处者有卿(庆)。【以正月与营室晨出东方，名曰益隐。其状苍苍若有光，其国有】德，黍稷之匿七；其国失(无)德，兵甲啬啬⑧。其失次以下一若〈舍〉二若〈舍〉三舍，是胃(谓)天维〈缩〉，纽，其下之【国有忧、将亡、国倾败；其失次以上一舍二舍三舍，是谓天】赢，于是岁天八下大水，不乃天列(裂)；不，乃地动；纽亦同占⑨。视其左右以占其夭寿，□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

□□用兵，所往之九野有卿，受岁之国不可起兵，是胃（谓）伐皇，天光其不从，其阴大凶。岁星出【入不当其次，必有天祆见其所当之野，进而东北乃生彗星，进而】东南乃生天一十部⑩（棓）；退而西北乃生天鍳⑪（枪），退而西南乃生天㓤⑫（欃）；皆不出三月，见其所当之野，其【国凶不可举事用兵，出而易所，当之国受】央（殃），其国必亡⑬一一。

天部在东南，其来〈本〉类星，其来〈末〉锐长可四尺，是司雷大动，使□毋动，司反□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□一二。

蔧（彗）星在东北，其本有星，末类彗，是司失正逆时，土□□者驾（加）之央（殃），其咎大□□□□□□□□□□□□□□□□一三。

天鍳在西北，长可数丈，左□锐，是司杀不周者驾之央，其咎亡主一四。

天㓤在西南，其本类星，末庸，锐长数丈，是司□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□一五

其出而易立（位），□□□□驾之央，其咎失立（位）一六。

注　　解

① 帛书中这一部分原无题目，今依据其内容定名为《第一章　木星》。以下各章标题均仿此。

② 岁星即木星。按照古代的五行说，把五大行星和五个方向、五种物质、五帝和五官相配如下（五帝、五官名称以帛书中为准，与通常所用不同者，将通常名称用括号注出）。

方位	五行	五帝	五官	五星	今名
东	木	大浩（太皞）	勾芒	岁星	木星
西	金	少浩（少昊）	蓐收	太白	金星
南	火	赤帝（炎帝）	祝庸（朱明）	荧惑	火星
中	土	黄帝	后土	填星	土星
北	水	端玉（颛顼）	玄冥	辰星	水星

表中顺序即帛书中所叙述的次序，但在其他书中（例如《淮南子·天文训》）则为：东→南→中→西→北。

③ 古时将黄、赤道附近天区分为十二次，如星纪、玄枵等。根据星占术的需要，又将十二次分属列国，即所谓"分野"。岁星平均每年在天空运行一次，故古代也有用岁星所在的位置来纪年的，如《国语·晋语》云："晋之始封，岁在大火。"所以帛书中说木星"岁处一国，是司岁。"又，《说文解字》："岁，木星也。越历二十八宿，宣遍阴阳，十二月一次。从步，戌声。"

④ 营室、东壁均为二十八宿的宿名。摄提格、单阏均为岁名。在用干支纪年以前，我国曾

用摄提格、单阏、大荒落……赤奋若等十二个名称纪年,周而复始。因木星的会合周期(从与太阳相合到下一次相合)为一年零三十四天(398.88 日),故木星的同一现象每年较前一年约推迟一个月,如木星和太阳相“冲”(即相差 180°,相当于月亮的“望”)的日期 1951 年为 10 月 3 日,1952 年为 11 月 8 日。因此,古人观测岁星,恒以今年正月,明年二月,后年三月,顺次而至某年十二月,如是必历十三个月而复反原来的位置。

⑤ 这一周期现象,在《淮南子·天文训》、《史记·天官书》和《汉书·天文志》中都有叙述,但所记石氏、甘氏和太初历各有不同。如《汉书·天文志》曰:“太岁在寅曰摄提格,岁星正月晨出东方,石氏在斗、牵牛,甘氏在建星、婺女,太初历在营室东壁。”这是因为木星并不正好每年在天空运行一“次”,而是 86 年就多走一“次”;所以同是正月与太阳晨出东方,随着观测时代的不同,木星附近的恒星也就不同了。

⑥ 这句话的含意是木星的会合周期为 $395\frac{105}{240}$日,即 395.44 日(应为 398.88 日)。在这 395 日中,从晨出东方到夕入西方,其间凡 365 日能看见;从夕入西方到晨出东方,这一段叫“伏”,凡三十日,木星淹没在太阳光中,看不见。特别值得指出的是,这里用的二百四十进位制,即分一日为 240 分,这是商鞅变法的遗迹。秦孝公十二年(前 349)曾废除百步为亩的制度,改用二百四十步为一亩。

⑦ 从这句话可以看出,度以下也是分为二百四十分,12×20=240=1(度)。

⑧《开元占经》卷 23 引甘氏曰:“摄提格在寅,岁星在丑,以正月与建、斗、牵牛、婺女晨出东方,为日十二月,夕入西方,其名曰益隐。其状苍苍若有光;其国有德,乃熟黍稷;其国无德,甲兵恻恻。”

⑨《开元占经》卷 23 引《荆州占》:“岁星趋舍而前,过其所当舍,而宿以上一舍、二舍、三舍,谓之赢,侯王不宁;不,乃天烈;不,乃地动。岁星退而后以一舍、二 舍、三舍谓之缩,侯王有戚;其所去之宿,国有忧,二年有忧,若山崩地动。”

⑩ 据《汉书·天文志》,石氏、甘氏均认为岁星赢而东南乃生彗。

⑪ 据《汉书·天文志》,石氏为见枪云如马,甘氏为生天欃。

⑫ 据《汉书·天文志》,石氏为见欃云如牛,甘氏为生天枪。“枪、欃、棓、彗,异状,其殃一也”。

⑬《汉书·天文志》引甘氏曰:见其所当之野,“其国凶,不可举事用兵;出而易所,当之国是受其殃”。

第二章　金　　星

西方金,其帝少浩(昊),其丞蓐收,其神上为太白。是司日行、槥(彗)星、天夭、甲兵、水旱、死丧、□□□□道以治□□□侯王正卿之吉凶,将出发□□□。【其纪上元、摄】一七提格以正月与营室晨出东方,二百廿四日晨入东方;濡(浸)行百二十日;【夕】出【西方,二百廿四日夕】入西方;伏十六日九十六分日,晨出东方①。五出,为日八岁,而复与营室晨一八出东方②。太白先其时出为月食,后其时出为天夭及彗星③。未【当出而出,当入而不入,是谓失舍,天】下兴兵,所当之国亡④。宜出而不出,命曰须谋⑤。宜入而不入,天一九下偃兵,野有兵讲,所当之国大凶⑥。其出东方为德,举事,左之御(迎)之,吉;右之倍(背)之,凶。【出】于【西方为刑】,举事,右之倍(背)之,吉;左之御(迎)之,凶⑦。凡是星不敢经天;经天,天下大乱,革

王[8]。其二○出上遝午有王国，过未及午有霸国[9]。从西方来，阴国有之；从东方来，阳国有之。□□毋张军。有小星见太白之阴四寸以人，诸侯有阴亲者；见其阳三寸二一以人，有小兵。两而俱见，四寸【以人】，诸侯遇。在其南，在其北，四寸以人，诸侯从(纵)。在其东，【在其】西，四寸以人，诸侯衡。太白晨入东方，濡(浸)行百二十日，其六十日为阳，其六十日二二为阴[10]。出阴，阴伐利，战胜。其入西方伏廿日，其旬为阴，其旬为阳[11]。出阳，阳伐利，战胜。□□未出兵，静者吉，急者凶，先兴兵者残，【后兴兵】者有央(殃)，得地复归之二三。将军在野，必视明星之所在，明星前，与之前；后，与之后。兵有大□，明星左，与之左；【右，与之右】。□□将军必斗，袀(荀)在西，西军胜；在东，东军胜；袀(荀)在北，北军胜；在南，南军胜二四。垢一閒[12]，夹如铫[13]，其下被甲而朝。垢二閒，夹如钝[14]，其下流血。【垢三】閒，夹如参，当者□□□□□□□□□□□奋其厕(侧)，胜而受福；不能者正当其前，被将血食。大二五白小而动，兵起。小白[15]从其下，上抵之，不入大白，军急。小白【在】大白前后左右，□干□□□□□，□□□□□大白未至，去之甚亟，则军相去也。小白出大白二六【之左】，或出其右，去三尺，军小战。小白麻(摩)大白，有数万人之战，主人吏死[16]。小白入大白【中，五日乃出，及】其入大白，上出，破军杀将，客胜；其下出，亡地三【百里】[17]二七。【小白来】抵，大白，不去，将军死；大白期(旗)出，破军杀将，视期(旗)所乡(向)，以命破军[18]。小白□【大】白，兵是□□【其】趮[19]而能去就者，客也；其静而不能去就者，【主也】。二八凡小白、大白两星偕出，用兵者象小；白若大白独出，用兵者象效大白。大白□□亢动兵□□□【色】黄而员(圆)，兵不用。□□□□□□凡战必击期(旗)所指，乃有功，御【之左之】二九者败。已张军所以智客，主人胜者，客星白泽；黄泽，客胜。青黑萃，客所谓□□□□□□□□曰耕(?)星[20]□□□。岁星、填星，其色如客星□□三○也，主人胜。太白、荧惑、耕星赤而角，利以伐人，客胜；客不【胜】，以为主人，主人胜。大白稿□□□□□□或当其□□□□将归，益主益尊。大白赢，数弗[21]三一去，其兵强。强星[22]踊趯[23]，一上一下，其下也纙贵星如郙(孛)□□□□军死其下，半郙(孛)十万□□□□□□□□□□□其下千里条。凡观五色，其黄而三二员(圆)则赢；青而员(圆)则忧凶，央(殃)之(至)白(迫)。赤而员(圆)则中不平；白而员(圆)则福禄是听。□黑【而圆则】□□□□□□□□□□【黄】而角则地之争，青而角则三三国家惧，赤而角则犯我城，白而角则得其众[24]。四角有功，五角取国，七角伐【王】。黑而【角则】□□□□□□[25]。【大白其出东方】为折阳，卑、高以平明度；其三四出西方为折阴，卑、高以昏度[26]。其始出：行南，兵南；北，兵北；其反亦然。其方上□□□□□□□□□□□□□【星高用】兵入人地深；星卑，用兵浅；其三五反为主人，以起兵不能入人地[27]。其方上，利起兵。其道〈逆〉留[28]，留所不利，以阳□□□□□□□□□□□□□□□□者在一方，所在当利，少者空者三六不利。月与星相遇也，月出大白南，阳国受兵；月出其北，阴国受兵[29]。□□□□□□□□□□□□□□□扶有张军，三指有忧城，二指有三七（三八行缺 50 多字）而角客胜[30]。大三八【白与岁星遇，大白在南，岁星在】北方，命曰牝牡，年穀(谷)【大熟；大白在北，岁星在南方，年或有或无】[31]。月食岁星，不出十三年，【国饥亡；食填星，不出】□三九年，其国伐而亡；食大白，不出九年，国有亡城，强国战不胜；【食荧惑，其国以乱亡；食辰星，不出】三年，国有内兵；食大角，不三年，天子【忧，牢狱空】[32]四○。

凡占五色：其黑唯水之年，其青乃大几(饥)之年，□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□[33]。岁星与大阴【相】应也，大阴居维辰一，岁四一星居维宿星二；太阴居中(仲)辰一，岁星居中(仲)宿星三；□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□星居尾箕，大阴左徙，会于阴阳之四二界，皆十二岁而周于天[34]。地。大阴居十二辰从(?)子□□□□其国□可敛入其□□其白□□□□□□□□□□□□狱，斩刑无极。不会者驾之央，其咎四三短命四四。

注　　解

① "其纪上元，……伏十六日九十六分日，晨出东方"这段话是谈金星的会合周期(从晨始见到下一次晨始见所需日数)，语句和《史记·天官书》、《淮南子·天文训》类同，但数据要准确得多。按原文，把四个阶段的日数加起来：

$$224 + 120 + 224 + 16\frac{96}{240} = 584.4(\text{日})$$

这比今测值只大 0.48 日，而在它之后的《淮南子》和《史记》却还停留在 635 日和 625 日，直到《汉书·律历志》才进一步提高到 584.13 日。

② 每年按 $365\frac{1}{4}$ 日计，金星的五个会合周期等于 8 年(实际上是 8 年少 2 天又 10 小时)。金星今年与营室晨出东方，过 8 年以后才能重复这一现象；在过了一个会合周期以后，虽又晨出东方，但不在营室附近，详见第九章。

③《史记·天官书》：太白"色白、五芒，出蚤(早)为月食，晚为天矢及彗星。"

④《汉书·天文志》：太白"未当出而出，未当入而入，天下举兵，所当之国亡。"

⑤ 须：宜也，应也。《开元占经》卷 46 引巫咸曰："太白可出不出，国且有谋。"

⑥《汉书·天文志》：太白"当出不出，当入不入，为失舍。不有破军，必有死亡之墓，有亡国。一曰天下偃兵，壄(野)有兵者，所当之国大凶。"据《开元占经》卷 46，前一种占文属石氏星占，后一种属甘氏星占，这里采用的是甘氏星占。

⑦《开元占经》卷 45 引石氏曰："太白出东方为德，举事，左之近之，吉；右之背之，凶。太白出西方也为刑，举事，右之背之，吉；左之近之，凶。"与此全同。

⑧《〈史记〉索隐》引孟康曰："太白阴星，出东当伏东，出西当伏西，过午(正南方)为经天。"又引晋灼曰："日出则星没，太白昼见午上为经天也。"因为金星的轨道在地球轨道的内侧，从地球上看去，它离太阳的角距离最大不超过 48°，所以要么它是晨星(出东、伏东)，要么它是昏星(出西、伏西)，不能像火星、木星、土星那样于夜晚出现在南方天空。它出现在南方天空总是在白天，按说是看不见的；但由于它特别亮，偶尔又能看见，成了一种特殊现象。所以帛书中说："凡是星不敢经天；经天，天下大乱，革王。"与此类同的占语在《史记·天官书》和《汉书·天文志》中都有。

⑨ 午、未均指方向：午为正南方，未为南偏西 30 度。《开元占经》卷 46 引《荆州占》："太白见东方，至丙(南偏东 15 度)、巳(南偏东 30 度)之间，小将死；过午有起霸者。太白出西方，上至未(南偏西 30 度)，阴国有霸者；若过未及午，阴国王令天下。"与帛书占文所据现象一致，所占结果则不同，可见星占术是骗人的把戏。

⑩ 与《开元占经》卷 45 引石氏占文类同。但石氏“太白入东方,未出西方,其六十五日为阳,六十五日为阴”,总共晨伏 130 日,较此 120 日多 10 天,与今值晨伏 70 日相比,帛书中的数据显然有进步。

⑪《开元占经》卷 45 引《巫咸占》:“太白入西方,未出东方,其十五日为阳,十五日为阴”,总共夕伏时间为 30 日,较此 20 日亦多 10 天,与今值 12 日相比,仍然是帛书中的较正确。不但如此,若据前文“伏十六日九十六分”($16\frac{96}{240}=16.4$ 日),则帛书中的数据更加接近真实情况。

⑫ 閈:音翰,《说文》:“同闾,里门也。”

⑬ 铫:音条,矛也。《吕氏春秋》卷 8《简选》:“锄櫌白梃,可以胜人之白铫利兵。”注:“长铫,长矛也。”

二十四方位图

⑭ 铊:音啻,矛也。《荀子·议兵》:“宛钜铁铊。”注:“铊与鍦同,矛也。”《方言》云:“自关而西谓之矛,吴扬之间谓之铊。”

⑮ 小白即辰星,今名水星。大白即太白 。

⑯“小白出大白之左,……主人吏死。”《史记·天官书》:辰星“出太白左,小战;摩太白,有数万人战(《汉书·天文志》为“历太白右,数万人战”),主人吏死;出太白右,去三尺,军急,约战。”

⑰《汉书·天文志》:“辰星入太白中,五日乃出,及入而上出,破军杀将,客胜;下出,客亡地。”

⑱ 此处文句略有遗漏,据《史记·天官书》和《汉书·天文志》为:“辰星来抵太白,不去,将死;正旗上出,破军杀将,客胜;下出,客亡地。视旗所指,以命破军。”《索隐》“按:旗,盖太白芒角似旌旗。”

⑲ 趮:音灶,与躁同,疾也,动也。《管子·心术》:“趮者不静。”

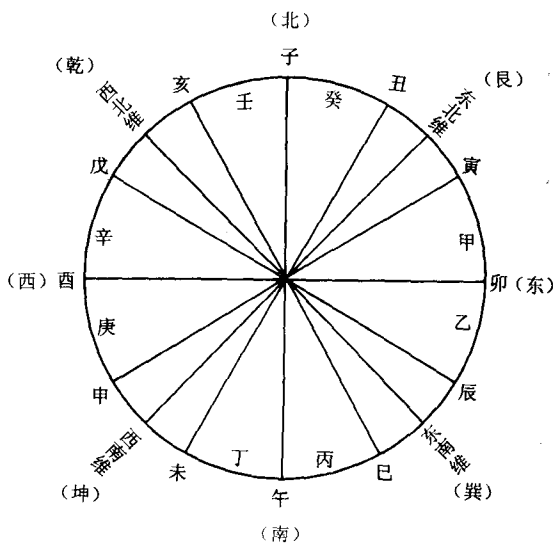
⑳ 耕星可能亦是辰星(水星)的别名。

㉑ 弗:去也。《诗·大雅·生民》:“以弗无子。”

㉒ 强星可能也是金星的别名。《晋书·天文志》:“凡五星所出,所行所直之辰,其国为得位。得位者岁星以德,……太白兵强,辰星阴阳和。”

㉓ [illegible]趯:与踊跃同,在这里有闪耀的意思。

㉔“凡观五色,……白而角则得其众。”这一段话是总论五星颜色,应放在第六章中。但这里错放在“金星占”中了,《史记·天官书》却又错放在“土星占”中了。只有《汉书·天文志》把它放在五大行星末尾的总论中了。《史记 》和《汉书》中的占文,与此略有不同。据《史记》为“五星:色白圆为丧、旱;赤圆则中不平,为兵;青圆为忧、水;黑圆为疾,多死;黄圆则吉。赤角犯我城,黄角地之争,白角哭泣之声,青角有兵忧,黑角则水。”

㉕ 从这一句起,又是单指金星。《开元占经》卷 45 引《海中占》的一句话与此类似。《海中

占》曰:“太白有五角,立将帅;六角,有取国地;七角,伐王 。”

㉖ 金星出东方为晨星,出西方为昏星,自古就给了两个不同的名称。《诗·小雅·大东》云:“东有启明,西有长庚”,实际上是金星在不同方位的两个不同名称。这里沿用了这一传统,但又另外给了一组名称:折阳=启明,折阴=长庚。这两个名词在其他书中则未见过。

㉗《史记·天官书》:太白“出高,用兵深吉,浅凶。埤,浅吉,深凶。”

㉘ 这里似已有“逆”(自东向西)和“留”(看上去不动)的概念。留的概念过去认为在太初历中才有。

㉙《开元占经》卷 12 引《河图帝览嬉》:“月与太白相遇:月出其南,阳国受兵;月出其北,阴国受兵。”

㉚ 据李淳风《乙巳占》卷 2 和《开元占经》卷 12 引《巫咸占》,这里的一大段缺文似乎是在讨论农历月初和月末,金星为昏星和辰星时,按月亮与太白的距离而占卜的。《巫咸占》曰:“入月三日(即初三),候太白与月并准之(《乙巳占》为:“太白出西方似月,三日候之,与月并出”):其间容一指,军在外,有破军杀将,客胜;容二指,……容五指,期三十日,军阵不战。月不尽三日(即月末倒数第三日),候太白出东方,与月并准之(《乙巳占》为:“ 太白以月末尽一日晨出东方,与月并出,候之”):其间容一指,则入月有破军,死将,主人不胜;容二指,……容五指,期三十日,军起而不战。”这里虽然是一套荒诞的占文,但却包含着一个科学的内核,即金星与月亮,只能同时于月初夕见于西方,或于月末同时晨见于东方,不能一在东,一在西,因为金星与太阳的角距离最大只有 48 度。用“指”表示角度,这里也是初次出现。

㉛《汉书·天文志》:岁星“与太白合则为白衣之会、为水。太白在南,岁在北,命曰牝牡,年谷大熟;太白在北,岁在南,年或有无。”按:禽类之雌者曰牝,雄者曰牡。(《史记·天官书》中与此类似的一段话却放在土星条下)。

㉜ 此段总论月食五星和大角(室女座 α 星),应移放在第六章中。占文与《开元占经》卷 12 引《河图·帝览嬉》相近,而与《史记》、《汉书》相去较远。《汉书·天文志》为:“凡月食五星,其国皆亡:岁以饥,荧惑以乱,填以杀,太白强国以战,辰以女乱。月食大角,王者恶之。”《河图·帝览嬉》为:“月贯岁星,有流民,不出十二年,国饥亡。月食荧惑,其国以兵起,饥,又以乱亡。月食填星,其国女主死,其国以伐亡。月食太白,强国以饥亡,不出九年,以亡城。月食辰星,其国以女乱亡,若兵、饥,期不出三年。”

㉝ 此段系根据星的五种颜色来占卜,缺文无法补出。

㉞ 这一段讲岁星与太阴的关系,应该移放在第一章中。太阴即太岁,亦名岁阴,是一个假想的天体,其运行速度和岁星相等,但方向相反。例如,《史记·天官书》说:“岁阴左行在寅,岁星右转居丑。”帛书中的这一段话与《开元占经》卷 23 引《荆州占》的一段话相似。《荆州占》说:“岁星岁行一次,居二十八宿,与太岁应,十二岁而周天。太阴居维辰,岁星居维宿二;太阴居仲辰,岁星居仲宿三。”在 [注⑨]二十四方位图中,子、午、卯、酉为四正,丑、寅、辰、巳、未、申、戌、亥为四维。太阴在子、午、卯、酉之年,岁星每年行二宿;太阴在丑、寅、辰、巳、未、申、戌、亥之年,岁星每年行二宿,$3\times4+2\times8=28$,即十二岁行二十八宿而周于天。

第三章 火 星

南方火,其帝赤(炎)帝,其丞祝庸(朱明),其神上为【荧惑】①。□□无恒不可为□,所见之□□兵革出二乡反复一舍,□□□年。其出西方,是胃(谓)反明,天下革王② 四五。

其出东方，反行③一舍，所去者吉，所居之国受兵□□。荧惑绝道，其国分当其野【受殃，居】之【久殃】大益；亟发者央(殃)小；溉(既)已去之，复环还居之，央(殃)；其周四六环绕之，入，央(殃)甚④。其赤而角动，央(殃)甚。营惑所留久者，三年而发⑤。其与心星遇，【则缟素麻衣，在】其南、在其北，皆为死亡⑥。赤芒，南方之国利之；白芒，西方之国利之四七；黑芒，北方之国利之；青芒；东方之国利之；黄芒，中国利之⑦四八。

□□营惑于营室、角、毕、箕，营惑主。司天乐，淫于正音者□驾之央□□四九。

【其时】夏，其日丙丁，月立隅中，南方之有之⑧五〇。

注　解

①《淮南子·天文训》："南方火也，其帝炎帝，其佐朱明(高诱注：旧说云祝庸)，其神为荧惑。"

②《史记·天官书》：火星"其出西方，曰反明，主命者恶之。"

③ 反行即逆行。火星从东方出来以后先顺行、再留、再逆行、再顺行，最后伏于西方。这里的说法是对的。

④ 这一段与《史记》、《汉书》文意相类，但占意相反。"居之久"的"久"字，据《〈史记〉索隐》"谓行迟也"。

⑤《开元占经》卷 30 引石氏曰："荧惑所留久也，三年而发，亡五百里，其中也三百里，其杀也四百里。"

⑥ 心星为二十八宿之一。心宿二(天蝎座 α 星)即著名的大火。《开元占经》卷 31 引《春秋演孔图》："荧惑在心，则缟素麻衣。"宋均注："荧惑在心，海内之殃。海内亡主，故缟素麻衣。"

⑦《开元占经》卷 30 引《郄萌占》与此句全同。

⑧ 古时把四季分配在四个方向，南方为夏；把十天干分配在东、西、南、北、中五个方位，南方附近为丙、丁。(参阅第二章注⑨二十四方位图)

第四章　土　星

中央【土】，其帝黄帝，其丞后土，其神上为填星，实填州星。岁【填一宿，其所居国吉，得地】①。既已处之，又(有)【西】、东去之，其国凶，土地梫②，不可兴事用兵，战斗不胜；所五一往之野吉，得之。填之所久处，其国有德，土地吉③。填星司天【礼】□□□□□□随？丘？不可大起土攻(功)。若用兵者，攻德变伐填之野者，其咎短命亡五二。孙子毋处。中央分土，其日戊巳，月立正中，中国有之五三。

注　解

①《史记·天官书》：土星"岁填一宿，其所居国吉，得地。"后二字据《晋书·天文志》补出。古时认为土星二十八年环天一周，而天空又区划为二十八宿，故曰"岁填一宿"。实际上这只是一种理想，因为二十八宿各宿所包括的广度相差很大，而且第八章中表明，土星是三十年一

周天。

②“桯”字不可识，但据《史记·天官书》应为失土。《史记·天官书》：“既已居之，又西、东去之，其国失土；不，乃失女；不可举事用兵。”

③《开元占经》卷38引《巫咸占》：“填星所宿者，其国安，大人有喜，增土。”

第五章　水　星

北方水，其帝端玉（颛顼），其丞玄冥，【其】神上为晨（辰）星①。主正四时，春分效【娄】，夏至【效井，秋分】效亢，冬至效牵牛②。一时不出，其时不利；四时不出，天下大饥③。其出蚤（早）于时为五四月食，其出晚于时为天矢【及彗】星。其出不当其效，其时当旱反雨，当雨反旱；【当温反寒，当】寒反温④。其出房、心之间，地盼动⑤。其出四中（仲），以正四时，经也；其上出四五五孟，王者出；其下出四季，大耗败⑥。凡是星出廿日而入，经也⑦。□□廿日不入□□。【与它】星【遇而】斗，天下大乱⑧。其入大白之中，若麻（摩）近绕环之，为大战，趮（躁）胜五六静也。晨星厕（侧）而逆之，利；厕（侧）而倍（背）之，不利；日大鍪⑨，是一阴一阳，与□□□□□□□□□□□□□□□□侯王正卿必见血兵，唯过章章⑩。其行必不至巳⑪，而反入于东方。五七其见而速入，亦不为羊（祥），其所之（至），侯王用昌。其阴而出于西方，唯□□□□□□□□□□唯过彭彭⑫，其行不至未⑬，而反入西方，其见而速入，亦不为年，其所五八之（至）侯王用昌。曰失匿之行，壹进退，无有畛极，唯其所在之【国】□□□□□□□□甲其长。其时冬，其日壬癸，月立西方，北方国有之。主司失德，不顺者五九……（六〇行缺）。

□□着扁，将战并光。方战，月啗⑭大白，有【亡】国；营惑【以乱】，阴国可伐也⑮。月□□□□□□弱，其行也，主人疾急。合□恶不明，□败其色，□而□□用，大六一白犹是也。殷为客，相为主人，将相遇，未至四、五尺，其色美，孰能怒，怒者胜。□□□□殷出□相□殷□□□左，□定者胜。殷出相之北，客利；相出殷之北六二，主人利。兼出东方，利以西伐。殷与相遇，未至一舍，殷从之却，客疾，主人急。□□□□□高□必□□□□□□□□主人急，客窘急六三。

注　解

① 中国古时平分周天为十二辰，每辰30度，而水星与太阳的角距离最大只有28度，不超过一辰，故名水星为辰星。

②《〈史记〉正义》：“效，见也。”二十八宿中的娄、井、亢、牛四宿为当时春分、夏至、秋分和冬至时太阳所在的位置，也是水星所在的位置。反过来，观水星之所在，也可以定二分、二至时节，故曰：“辰星主正四时”。

③《淮南子》、《史记》和《汉书》均为“一时不出，其时不和；四时不出，天下大饥。”

④《开元占经》引《荆州占》：“辰星出不待其时，当水反旱，当旱反水”；《史记》和《汉书》则为“失其时而出，为当寒反温，当温反寒。”

⑤ 这里的“盼”字似无必要。《史记》和《汉书》均为“出于房心间，地动。”房、心各为二十八宿之一，均在天蝎座。

⑥ 古时把春夏秋冬称“四时”，每一时的三个月依次叫孟、仲、季，正月、四月、七月、十月为四孟，二、五、八、十一月为四仲，三、六、九、十二月为四季。《开元占经》卷 53 引《巫咸占》与此类同。《巫咸占》曰：“辰星出四仲，以正四时；出四孟，天下大乱，更王；出四季，彗星出，有败国。”

⑦ 据近代天文学统计，水星从出到入所经历的时间，最长可以到四十几天，最短到二十天，故曰：“凡是星出二十日，经也。”《史记·天官书》里则说得更为明确：“其出东方行四舍，四十八日，其数(速)二十日反入于东方；其出西方行四舍，四十八日，其数(速)二十日而反入于西方。”据《开元占经》卷 53，此语原出甘氏。

⑧《汉书·天文志》：“辰星与他星遇而斗，天下大乱。”

⑨ 鎣：音荧，磨金器令光泽也，见《正字通》。

⑩ 章章：明著也。《后汉书·循吏传序》：“斯其绩用之最章章者也。”

⑪ 巳：指方向，南偏东 30 度(见第二章[注⑨]二十四方位图)。因为水星离太阳最大距离只有 28 度，而水星又没有金星那么亮，太阳离地面较高以后，水星就看不见了。所以水星晨出东方时，“其行必不至巳”。事实上，不是到不了“巳”，而是到“巳”时，它淹没在阳光中看不见了。

⑫ 彭彭，盛也，见《广雅·释训》。

⑬ 未：指方向，为南偏西 30 度。“其行不至未”，理由同注⑪。

⑭ 啗：音淡，食也，见《说文》。

⑮《汉书·天文志》：“凡月食五星，其国皆亡：……荧惑以乱，……太白强国以战。”(详见第二章注㉞)。从这一句起至本章结束，所谈问题与水星无关，应移入第六章。

第六章　五星总论

凡五星五岁而一合，三岁而遇。其遇也美，则白衣之遇也；其遇恶，则下□□□□□□□□□□□□□□毋兵不吉。视其相犯也：相者木六四也，殷者金，金与木相正，故相与殷相犯，天下必遇兵。殷者金也，故殷【与】□【星遇，兴兵举】事大败，□【春】必甲戌，夏必丙戌，秋必庚戌，冬必六五壬戌。大白与荧惑遇，金、火也，命曰乐(铄)，不可用兵。营惑与辰星遇，水、火【也，命曰焠，不可用兵】①举事大败。【岁】与大〈小〉白斗，杀大将，用之搏之，贯六六之，杀偏将②。荧惑从大白，军忧；离之，军【却】；出其阴，有分军；出其阳，有【偏将之战③】。【当其】行，大白遝(逮)之，【破军杀】将。凡大星趋相犯也，必战。大白六七始出以其国，日观其色，色美者胜。④当其国日，独不见，其兵弱；三有此，其国【可击，必得其将⑤】。不满其数而入，入而【复出】，□□其入日者国兵死：入一日，其兵死六八十日；入十日，其兵死百日。当其日而大，以其大日利；当其日而小，以小之【日不利】。⑥当其日而阳，以其阳之日利；当其日而阴，以阴日不利。上旬六九为阳国，中旬为中国，下旬为阴国。审阴阳，占其国兵：太白出辰，阳国伤；【出巳，亡扁(遍)地⑦；出东南维，在日月】之阳，阳国之将伤，在其阴【利。⑧】大白【出戌七〇入未】，是胃(谓)反(犯)地邢(刑)，绝天维，行过，为围小，〈有〉暴兵将多。⑨大白出于未，阳国伤；

【出甲，亡扁(遍)地；出西】南维，在日月之阳，阳国之将伤，在其阴【利。大白】七一出于戌，阴国伤；出亥，亡扁(遍)地；出西北维，在日月之阴，阴国之将伤，在其阳利。【出辰入丑】□□□。大白出于丑，亡扁(遍)地；出东北维，在日月之阴，阴国之七二将伤，在其阳利；出寅，阴国伤。大白出于酉入卯，而兵□□□□在从之【南，阳国胜；在从】之北，阴国伤。日冬至，【太白】[⑩]在日北，至日夜分(春分)，阳国胜；春分在七三日南，阳国胜；夏分〈至〉在日南，至日夜分(秋分)，阴国胜；秋分在日【北】，阴国胜。越、齐【韩、赵、魏者】，荆、秦之阳也；齐者，燕、赵、魏之阳也；魏者，韩、赵之阳也七四；韩者，秦、赵之阳也；秦者，翟之阳也，以南北进退占之。大白出恒以【辰戌，入以丑未】[⑪]，候之不失。其时秋，其日庚辛，月立(位)失，西方国有七五之。司天献不教之国驾之央(殃)，其咎亡师七六。

注　　解

①《史记·天官书》和《汉书·天文志》皆有"火与水合为焠，与金合为铄，不可举事用兵。"

② 大白可能系小白之误。《开元占经》卷20引《郄萌占》："岁星与辰星斗：灭之，杀大将；薄之，贯之，杀偏将。"

③《史记·天官书》："荧惑从太白，军忧；离之，军却；出太白阴，有分军；行其阳，有偏将战。"

④ 从这一句开始，以下完全是讨论金星问题，应移入第二章。

⑤《开元占经》卷46引《荆州占》："太白出至其国之日，而独不见，其兵弱；三有此，可击，必得其将。"

⑥ 此句似指荧惑说的。《开元占经》卷30引《荆州占》："两敌相当，荧惑当其日而大，以其大之日利；当其日而小，以其小之日不利。上旬为阳国，中旬为中国，下旬为阴国。"

⑦ 辰、巳皆方位，见第二章注⑨二十四方位图。

⑧《开元占经》卷45引《荆州占》："太白始出东南维，在日月之阳，阳国之将伤，在阴利；始出东北维，在日月之阴，阴国凶，在阳吉；出西南维，在日月之阳，阳国凶，在其阴利；出西北维，在日月之阴，阴国之将伤，在其阳利。"

⑨《开元占经》卷46引《郄萌占》："太白出戌入未，是谓犯地刑，绝天维，国有暴兵，将多伤。"

⑩ 这里本无空格，但据下文，宜补"太白"二字较妥。《汉书·天文志》："日方南，太白居其南，日方北，太白居其北，为王，侯王不宁，用兵进吉、退凶。日方南，太白居其北，日方北，太白居其南，为缩，侯王有忧，用兵退吉、进凶。"《开元占经》卷46注："日方南，谓夏至后也；日方北，谓冬至后也。"按此段占文属石氏《星占》。

⑪《史记·天官书》："太白出以辰、戌，入以丑、未。"理由详见第二章注⑧和注⑨。

第七章　木星行度

相与营室晨出东方	·秦始皇帝元	三	五	七	九	【二】七七
与东辟(壁)晨出东方	二	四	六	【八】	【十】	【三】七八
与娄晨出东方	三	五	七	【九】	一	【四】七九

与毕晨出东方	四	六	八	【卌】	二	【五】八〇
与东井晨出东方	五	七	九	·汉元	·孝惠【元】	【六】八一
与柳晨出东方	六	八	卅	二	二	【七】八二
与张晨出东方	七	九	一	【三】	【三】	【八】八三
与轸晨出东方	八	廿	二	【四】	四	【元】八四
与亢晨出东方	九	一	三	五	五	二 八五
与心晨出东方	十	二	四	六	六	三 八六
与斗晨出东方	一	三	五	七	七	八七
与婺女晨出东方	二	四	六	八	·代皇	八八

秦始皇帝元年正月，岁星日行廿分①，十二日而行一度，终【岁行卅】度百五分，见三【百六十五日而夕入西方，伏】卅日，三百九十五日而复出东方。②【十二】岁一周天，廿四岁一与大【白】八九合营室③九〇。

注　解

① 岁星日行20分，十二日而行一度（$12 \times 20 = 240$ 分 $= 1$ 度），一年（$365\frac{1}{4}$日）行 $30\frac{105}{240}$ 度，十二年一周天（$12 \times 30\frac{105}{240} = 365\frac{1}{4}$度），此即木星的恒星周期。（今测值为11.86年）。

② 395日系取略数，据第一章"出365日而夕入西方，伏30日而晨出东方，凡395日105分而复出东方"，则为 $395\frac{105}{240} = 395.44$ 日，此即木星的会合周期，与今测值398.88日相差3.44日。

③ 木星的恒星周期为12年，金星的五个会合周期为8年，8与12的最小公倍数为24，即今年正月若金星和木星与营室晨出东方，则24年以后又会发生同一现象。

第八章　土星行度

【相】与营室晨出东方	元·秦始皇	一	二九一
与营室晨出东方	二	二	三九二
与东壁晨出东方	三	三	四九三
与畦(奎)晨【出】东方	四	四	五九四
与娄晨出东方	五	五	六九五
与胃晨出东方	六	六	七九六
与茅(昴)晨出东方	七	七	八九七
与毕晨出东方	八	八·张楚	元九八
与觜角晨出东方	九	九	二九九
与伐晨出东方	十	卌	三一〇〇
与东井晨出东方	一	·汉元	一〇一

【与东】井晨出东方	二	二	一〇二
与鬼晨出东方	三	三	一〇三
与柳晨出东方	四	四	一〇四
与七星晨出东方	五	五	一〇五
与张晨出东方	六	六	一〇六
与翼晨出东方	七	七	一〇七
与轸晨出东方	八	八	一〇八
与角晨出东方	九	九	一〇九
与亢晨出东方	廿	十	一一〇
与氐晨出东方	一	一	一一一
与房晨出东方	二	二	一一二
【与】心晨出东方	三	·孝惠元	一一三
【与】尾晨出东方	四	二	一一四
与箕晨出东方	五	三	一一五
与斗晨出东方	六	四	一一六
与牵牛晨出东方	七	五	一一七
与婺女晨出东方	八	六	一一八
与虚晨出东方	九	七	一一九
与危晨出东方	卅	·高皇后元	一二〇

秦始皇帝元年正月，填星在营室，日行八分，卅日而行一度，终【岁】行【十二度卌二分。见三百四十五】日，伏卅二日，凡见三百七十七日而复出东方①。卅岁一周于天②，廿岁一二一与岁星合为大阴之纪一二二。

注　　解

① 按上下文应为“终岁行十二度四十二分”，即 $12\frac{42}{240}$度。

② 会合周期 377 日，这比今测值 378.09 日小 1.09 日。在它之后的《淮南子》没有提，《史记·天官书》认为是 360 天，远较帛书落后。

③ 这一恒星周期(30 年)，也较《淮南子》和《史记》准确，它们都还停留在“岁镇行一宿，二十八岁而周”的水平上。今测值为 29.46 年。

第九章　金星行度

正月与营室晨出东方二百廿四日，以八月与角晨入东方。

【秦元】【九】【七】 五 三 ·汉元 九 五 六 一二三

浸行百二十日，以十二月与虚夕出西方，取廿一于下。① 一二四

与虚夕出西方二百廿四日，以八月与翼夕入西方。

【二】【十】【八】六　四　二　十　六　七　一二五
伏十六日九十六分，与轸晨出东方。一二六
以八月与轸晨出东方二百廿四日以三月与茅晨入东方，余七十八。② 一二七
浸行百廿日，以九月与【翼夕】出西方。③
三　【一】九　七　五　三　一　七　八　一二八
以八月与翼夕出西方，二百廿四日，以二月与娄夕入西方，余五十七。一二九
伏十六日九十六分，以三月与茅晨出东方。
四　【二】廿　八　六　四　二　【高】皇后·元　一三〇
以三月与茅晨出东方二百廿四日，以十一月与箕晨【入东】方。一三一
浸行百廿日，以三月与娄夕出西方，余五十二。一三二
【以三月】与娄夕出西方二百廿四日，以十月与心夕入西方。
五　【三】【一】九　七　五　·惠元　二　二　一三三
【伏】十六日九十六分，以十一月与箕晨出东方，取七十三下。一三四
以十一月与箕晨出东方二百廿四日，以六月与柳晨入东方。
六　【四】【二】【卅】【八】　六　二　三　三　一三五
浸行百廿日，以九月与心夕出西方，取九十四下。一三六
以九月与心夕出西方二百廿四日，以五月与东井夕入西方。
七　【五】【三】【一】【九】【七】　三　四　一三七
伏十六日九十六分，以九月④与舆鬼晨出东方。一三八
以六月与舆鬼晨出东方二百廿四日，以正月与西壁⑤晨入东方，余五。一三九
浸行百廿日，以五月与东井夕出西方。
八　【六】【四】【二】【卌】【八】　四　五　一四〇
以五月与东井夕出西方二百廿四日，以十二月与虚夕入西方。一四一
【伏十】六日九十六分，以正月与东壁晨出东方。一四二

秦始皇帝元年正月，太白出东方，【日】行百廿分，百日上极【而反，日行一度，天】十日行有【益】疾，日行一度百八十七分以从日⑥，六十四日而复遝(逮)日一四三，晨入东方，凡二百廿四日。浸行百廿日，夕出西方。【太白出西方始日行一度百八十七分，百日】行益徐，日行一度，以待之六十日；行有益徐，日行卌一四四，六十四日而西入西方，凡二百廿四日。伏十六日九十六分。⑦【太白一复】为日五【百八十四日九十六分日⑧。凡出入东西各五，复】与营室晨出东方，为八一四五岁⑨一四六。

注　　解

①"取廿一于下"，即一年的日数(365.25日)减去晨出东方的日数224日，再减去浸行日数120日，剩21.25日，其整数为21，归于下一年进行计算。

②"余七十八"即：$(224+120)+(224+16.4+224)-2\times365.25=77.9\approx78$，这就是说第一年内两个动态的日数和第二年内三个动态的日数加起来，比两年的日数多余78天，要挪用下一年的才行；也就是说，第二年最后一个动态完了时就到三年三月了，故曰："三月与昴晨入东方。"(以下各条"取"和"余"的意义与此相同，不再逐一注释)。

③ 这里的“九月”与下行开头的“八月”似均为七月之误，因 78 日 + 120 日 = 198 日，仍在七月。

④ 这里的“九月”应系六月之误。

⑤ 西壁和东壁，均为营室。营室最早包括四个星，后来分成东壁和西壁，专以西壁叫营室，这里还在混用。

⑥ “从日”应有远离太阳的意思。

⑦ 这段描写金星在一个会合周期里运动状态的文字，可与《史记·天官书》中的一段有关文字参照阅读：太白“其始出东方，行迟，率日半度，一百二十日，必逆行一、二舍；上极而返，东行，行日一度半，一百二十日入。……其始出西方，行疾，率日一度半，百二十日，上极而行迟，百二十日旦入，必逆行一、二舍而入”。帛书中的缺点是没有谈到逆行。

⑧ 金星的会合周期（一复）为 $584\frac{96}{240}$ 日 = 584.4 日。

⑨ 金星的五个会合周期为 8 年，一年为 365.25 日。

〔“释文”原刊《文物》，1974 年第 11 期；《中国天文学史文集》第一辑（1978 年），署名“马王堆汉墓帛书整理小组”〕

马王堆汉墓帛书中的彗星图

18年前英国学者李约瑟在他编写的《中国科学技术史》第三卷《天学》部分中，论述到彗星的时候，引用了朝鲜弘文馆保存的1664年10月28日夜间绘的一幅彗星图，接着说："我们不知道北京钦天监的彗星纪录里，是否还保存有手绘的彗星图。"

今天，我们可以宣告，不但明清档案中保存有清代钦天监手绘的彗星图，而且于公元前168年埋在地下的长沙马王堆三号汉墓帛书中就有29幅图，画着各种形状的彗星。把它称之为世界上关于彗星形态的最早著作，是当之无愧的。本文除介绍它的内容外，还准备结合现代关于彗星的知识，讨论它的意义，供大家进一步探讨之用。

马王堆帛书中关于彗星的这份材料，是和云、气(包括蜃气、晕和虹)、月掩星、恒星等排在一起的，共约250幅图，全长1.5米，从上到下分为6列，每列又从右而左分成若干行，每行上图下文，字数都不多。原件没有标题，现在根据内容定名为《天文气象杂占》。

《天文气象杂占》将云排在第一、二列开头，以晕最丰富；从第二列中部起，一直到第五列，大多画有太阳或月亮，而在旁边加上圆圈或各种线条；可惜第三列、第四列严重残缺，所剩不多。蜃气排在第二列的末尾；虹除了一幅外，都排在第六列的开头。月掩星只有三条，都排在第二列，即"月食星"、"目星入月"和"月衔两星"。

恒星也仅有两条，都排在第六列：一个像现在的天蝎座，即古时二十八宿中的房、心、尾三宿。其下的占文是"天出营或(惑)，天下相惑，甲兵尽出。"这里的头一个"天"字可能是大火的"火"字之误，心宿中央的红色大星(天蝎座α星)，俗名大火。《左传·襄公九年》有"心为大火，陶唐氏之火正阏伯，居商丘，祀大火，而火纪时焉。"营惑就是火星。这段古文的意思是，火星如果在大火附近出现，天下就要有兵乱。这和《史记·天官书》中的营惑"出则有兵，入则兵散"，也是符合的。一个是北斗七星，排在第六列的末尾。

位于天蝎和北斗之间，有29幅彗星图，除1条磨灭和1条的图不清以外，其余都很完整，并且每个都有名称，可以说是这250幅帛画中排得最整齐、材料最完整和意义最大的一部分。现依先后次序将每条的占文考释如下(号数前标有相同符号者，表示所用名称相同)：

△1. "赤灌，兵兴，将军死。北宫。"

*2. "白灌见，五日，邦有反者。北宫。"

{3. "天箾出，天下采，小人负。子姚。"

{4. "天箾，北宫曰：小人湇(啼)号。"(箾音朔，是一种舞干。)

5. "毚出，邦亡。"按：毚即天欃，《汉书·天文志》有"岁星缩西北，甘氏'不出三月乃生天欃，本类星，末锐，长数丈'。"

6. "彗星，有兵，得方者胜。"按《汉书·天文志》有"岁星嬴而东南，石氏'见彗星'，甘氏'不出三月乃生彗，本类星，末类彗，长二丈'。"

*7. "是胃(谓)白灌，见五日而去，邦有亡者。"

△8. “是胃(谓)赤灌,大将军有死者。”

{9. “蒲彗,天下疾。”
 10. “蒲彗星,邦疢(灾),多死者。北宫。”(蒲即水草,见《说文》)

11. “是胃(谓)秏彗,兵起有年。”(秏即稻属,见《说文》)

* * 12. “同占秆彗。北宫。”(按:秆、稈、干同,即禾茎)

13. “是是帚彗,有内兵,年大孰(熟)。”

14. “厉彗,有小兵,黍麻为。北宫。”(厉为大带之垂者。《左传·桓公二年》有“鞶厉游缨”)

{15. “是是竹彗,人主有死者。”
 16. “竹彗同占。北宫。”

17. “是是蒿彗,兵起,军几(饥)。”

18. “蒿彗,军阪(叛)。宅同。北宫。”

※{19. “是是苫彗,天下兵起,若在外归。”
 20. “苫彗,天下兵起,军在外罢。北宫。”(苫音山,即草帘子)

21. (缺)

※22. “是是苫发彗,兵起几(饥)。”(应同苫彗)

23. “甚(椹)星,致兵疢(灾)多,恐败,而衣战果。”(甚同椹,即桑实)

24. “瘤(墙)星,小战三,大战七。”

25. “抐(内)星,兵也。大战。”

* * 26. “名曰干彗,兵也。”

※27. “苫彗星,兵起,岁几(饥)。北宫。”

28. “蚩尤旗,兵在外归。”(《史记·天官书》有“蚩尤之旗,类彗而后曲,象旗。”《开元占经》引《巫咸占》,文与《史记》同。)

29. “翟星出,日(春)见孰(熟),夏见旱,秋见水,冬见小兵战。”(翟音狄,即长尾巴的山雉。)

这29幅图中,彗星的名称共有18个,其中有一半是过去文献中没有见过的(见图版Ⅵ—Ⅶ)。值得注意的是,这18个名称与《晋书·天文志》所引的京房(前77—37)《风角书·集星章》中的35个名称相同的有8个,即:白萑、天欃、帚星、竹彗、天蒿、墙星、蚩尤旗和天翟;但与《开元占经》所收集的105个妖星名称相同的只有5个。这说明,妖星的名称随着时代的前进虽有所增加,但早期的名称后来也有废弃的。又,占文末尾的“子姚”和“北宫”可能是当时星占家的姓或名,这些人的名字在历史上都没有留传下来。

肉眼可见的明亮彗星,通常由彗核、彗发和彗尾三部分构成。彗核与彗发合起来又称为彗头,在彗头的后面拖着长长的彗尾。1970年美国利用人造卫星在大气层以外对两个彗星进行的观测发现,在彗头的外面还包围着一层范围很大的氢云(hydrogen halo),不过这只是最近的事。长期以来,人们一直认为彗星是由彗核、彗发和彗尾三部分组成的。

在1881年把照相术用来拍摄彗星的照片之前,1878年俄罗斯天文学家布烈基兴(1831—1904)就根据彗尾的弯曲程度把彗尾分成三种类型。Ⅰ型几乎笔直,差不多位于和彗星向径相

反的方向。Ⅱ型是向着和彗星运行相反的方向倾斜的、宽阔而弯曲的彗尾。Ⅲ型是比前两类短得多而向后弯曲得更厉害的彗尾(图1)。虽然现在知道,布烈基兴的Ⅱ、Ⅲ两型并无本质上的区别,分成两类就可以了:Ⅰ型由等离子气体组成,叫做气尾,在太阳风的作用下,分布在等力线上;Ⅱ、Ⅲ型由大大小小的尘埃组成,叫做尘尾,在太阳辐射压的作用下,分布在等时线上。但是另外还有一种直指太阳的短针锥状的彗尾,如1957年4月看到的阿仑德—罗兰彗星那样,被称为反尾。

图1 彗尾的分类

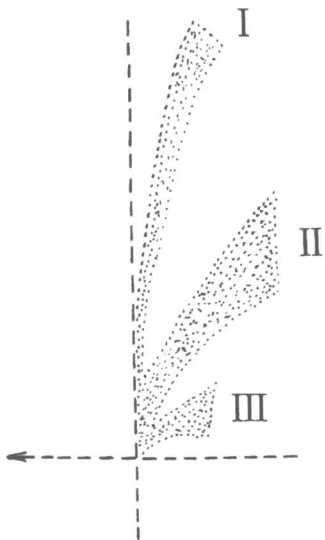
把关于彗尾的这些事实,拿来和东汉时文颖(叔良)说的一段话进行对比,是非常有趣的。文颖在注《汉书·文帝纪》"八年有长星出于东方"的时候说:"孛、彗、长三星,其占略同,然其形象小异。孛星光芒短,其光四出蓬蓬孛孛也。彗星光芒长,参参如埽彗。长星光芒有一直指,或竟天,或十丈,或三丈,或二丈,无常也。"东汉末年刘熙编的《释名》中也有与此相同的分法,不过把长星叫做笔星。按这里的说法,孛星可能就是具有反尾或是无尾的彗星,而长星显然具有气尾,彗星具有尘尾。又,根据各书对蚩尤旗的定义("类彗,而后曲象旗"),可以把蚩尤旗看做布烈基兴Ⅲ型。由此可见,我国在汉代时关于彗星的分类已有一定的科学意义,而马王堆帛书中彗星图的发现,又为此提供了实物证据。

《晋书·天文志》在彗星条下有"史臣案,彗体无光,傅日而为光,故夕见则东指,晨见则西指;在日南北,皆随日光而指。"这里的史臣应该是《晋书·天文志》的作者李淳风(602—670)。李淳风发现了彗星的尾巴常背着太阳的规律,比欧洲人发现同一现象约早900多年。欧洲是1531年才由皮特尔·阿毕安(1495—1552)发现的。而29幅图中的画法却是符合这一规律的。29幅图除最后一个比较特殊外,其余都是头在下,尾朝上。当彗星于黄昏出现在西方天空时,尾向上朝东;当彗星于黎明出现在东方天空时,尾向上朝西。图上尾巴的形状各种各样,其中窄而笔直的(No.4天箭),可以认为是布烈基兴Ⅰ型(长星);弯曲较小的如No.7白灌、No.8赤灌、No.13帚彗、No.14厉彗,可以认为是布烈基兴Ⅱ型,而No.28蚩尤旗则是布烈基兴Ⅲ型。尾巴上那些树叶状的波纹画法,以及彗星上打叉的符号,也是有道理的

图2 1744年的德·歇索彗星(原载弗拉马利翁《大众天文学》第二分册)

现在我们知道,彗核是由冰块组成的,大部分是水、氨、甲烷和二氧化碳的冰冻物质,中间还夹杂各种大小的固体物质,有些是细小的

颗粒,有些是尘埃物质,所以有人把它比喻为“污浊的雪球”。这个“雪球”的直径一般是几千米到几十千米,当它在空间运行到太阳附近的时候,由于受太阳辐射热的影响,冰冻物质蒸发出来,大量的气体和尘埃形成明亮的彗发;又由于太阳的辐射压和太阳风(从日冕区向太阳四周扩散的连续微粒流)的作用,彗头的气体和尘埃被向一方推开,形成彗星的尾巴。如果彗核具有自转,而被推开的物质又具有成股现象,那么当几股物质相互交叉的时候,就能形成观测到的波状花纹或凝聚物,而且有时可以观测到奇怪的轮廓。

情况是复杂的。彗尾的形状是随着彗星跟太阳距离的远近而不断变化的。一般地说,当彗星离太阳最近时,彗尾发展到最大。还有,一颗彗星往往又不止一条尾巴,而是可以有不同类型的几条尾巴。1744 年出现的德·歇索彗星(正确些说,应该叫克林肯柏格彗星,克林肯柏格比德·歇索早发现 4 天),尾巴多到 6 条,占了约 44 度的空间,呈扇形展开,像孔雀开屏一样,很是好看(图 2)。关于这颗彗星,《清史稿·天文志第十四》中有这样的记载:“乾隆八年十一月己亥(1744 年 1 月 4 日),彗星见奎、壁之间,大如弹丸,色黄白,尾长尺余,向东指,属戌宫,逆行。至九年正月辛卯(1744 年 2 月 25 日),凡五十三日,行二十九度余。”一般地说,有 2 至 3 条尾巴的彗星是常见的,图上最多的画到 4 条,也是合理的。

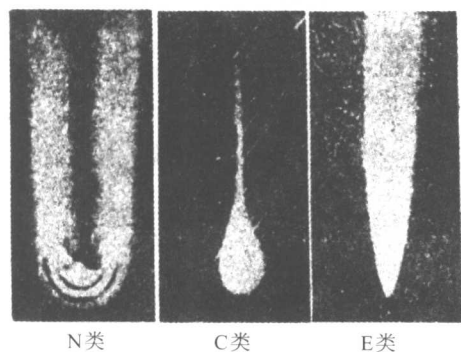



图 3　彗头的分类

当彗星离太阳较远的时候,只有一个暗而冷的彗核,并无头尾之分,只是当它接近太阳的时候,才在太阳的作用下,由头部喷出物质,形成彗尾。这种喷射理论的最初形式是 1835 年由德国天文学家白塞耳(1784—1846)提出来的,可是在马王堆帛书《五十二病方》中就有“喷者虞喷,上如彗星”的话(见《文物》1975 年第 9 期第 37 页),这不能不说是惊人的猜想!由于喷出的结果,彗星每接近一次太阳,物质就散失一部分,而气体多寡的不同,彗头的形态也就不同。1943 年苏联天文学家奥尔洛夫(1880—1958)根据这一标准把彗头分成 N、C、E 三类(图 3)。

N 类:由于多次回到太阳附近,彗核完全失去了气体,当它经过太阳附近时,只看到彗核,没有彗发,由尘埃组成的彗尾直接从彗核开始,向着和太阳相反的方向延伸,这叫做无发彗星。

C 类:彗核中气体比较缺乏,经过太阳附近时,有彗发,但无壳层,彗头呈球茎形。

E 类:彗核中有丰富的气体,经过太阳附近时,彗发很亮,有抛物面形状的壳层包围着,彗头呈锚形。

我们再看看马王堆帛书中彗头的画法,又可发现,奥尔洛夫的三类彗头在这里都可以找到它的表现形式。在圆形的头部中心还有一小圆的那些(No.8、9、11、17)应该说是 E 类彗头,只有一个圆的(No.2、6、10、12～16、18、20、22～28)可以说是 C 类彗头,而只有一个黑点的(No.1、4、5、7)可以认为是 N 类彗头。

马王堆帛书中的彗星资料,其成就是如此之高,它又是什么时候达到这样的水平呢?根据占文中的 4 个“邦”字(No.2、5、7、10)都不避汉高祖刘邦的讳来看,这部分材料当不晚于西汉初年(前 200 年左右);但若将《天文气象杂占》的全部内容结合起来看,这只能表示把它抄写在帛上的年代,而成书年代还可能更早。

第一,《天文气象杂占》中关于云的部分,没有“晋云”,而有“越云”。晋的彻底灭亡(桓公被迁)是在公元前 369 年,越的灭亡是在公元前 345 年;它的成书可能在这两个年代之间或稍后,

这是它的上限。

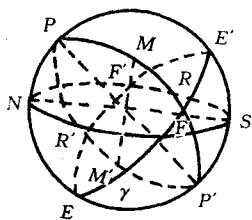
第二,《晋书·天文志》和《开元占经》中关于云的排列,都是"韩云如布,赵云如牛,楚云如日,……"这份材料中则是"楚云"居首,而且在提到鲁定公四年(前 506)的柏举(在今湖北麻城)之战时称吴人为寇,显然是楚国人的口气,如"寇至从奢来","吴人袭郢"。长沙为楚国故地,楚亡于公元前 232 年,离马王堆三号墓的安葬年代(前 168)只有 55 年,这份材料出自战国时楚人之手当无问题。

图 4　欧洲 1528 年的彗星图

当然,由于年代太早,这些图存在着一定的缺点,即没有发现的时间、地点和绘图的日期,没有在天空出现的方位和所经过的路线。它可能是将长期积累下来的资料,统一在一起画出来的。有比较才能鉴别。尽管画的大小比例等不一定合适,但是,只要考虑到国外在公元 66 年才有一个出现在耶路撒冷上空的彗星图,而欧洲人帕雷于 1528 年还在彗星的尾部画着一只屈曲的臂,手里持着一柄长剑刺向彗核,在彗尾两旁还绘着带有鲜血的刀、斧、剑、矛,其中还夹杂着许多可憎的、须毛竦竦的人头(图 4),就更可以显出这份彗星图的珍贵了。

〔原刊《文物》,1978 年第 2 期;英译见英国 *Chinese Astronomy and Astrophysics* vol. 8, no. 1, 1984〕

浑仪和简仪——中国古代测天仪器的成就

在17世纪发明望远镜以前，浑仪是所有天文学家测定天体方位的时候都缺少不了的仪器，不过中国的浑仪和希腊的不同。我国最原始的浑仪可能是由两个圆环组成。一个是固定的赤道环（$E\gamma RE'R'$），它的平面和赤道面平行，环面上刻有周天度数。一个是四游环（$PMRP'M'R'$），也叫赤经环，能够绕着极轴（POP'）旋转，赤经环上也刻有周天度数。在赤经环上附有窥管（$M'OM$），窥管可以绕着赤经环的中心旋转。观测某一天体 M 的时候，先按东西方向旋转四游环使它对准 M，再把窥管上下旋转使人目从窥管中看见 M。这时候，大圆弧 $\overset{\frown}{PM}$ 便是天体离北极的距离 p，古时叫"去极度"。$\overset{\frown}{MR}$ 便是天体离赤道的距离，天文学上叫做赤纬，用希腊字母 δ 表示，显然 $p+\delta=90°$。图上的 γ 表示春分点，从春分点起沿赤道量度的大圆弧 $\overset{\frown}{\gamma R}$，叫做天体 M 的赤经，用希腊字母 α 表示。两个天体的赤经差 $\alpha_2-\alpha_1$ 叫做距度，若 $M_1(\alpha_1,\delta_1)$ 是二十八宿的距星，那么 $\alpha_2-\alpha_1$ 就是 $M_2(\alpha_2,\delta_2)$ 的入宿度。我国古时就用入宿度和去极度来表示天体的位置，公元前4世纪中叶成书的《石氏星经》中就有这些数据了，这证明那时就已经有浑仪了。在欧洲，首先系统地观测恒星方位的人是希腊天文学家阿里斯提鲁斯和铁木恰里斯，他们比石申约晚60年，而所用的仪器，现在已经是一无所知了；据托勒密《天文集》中的叙述，他们用的可能是以黄道坐标为主的浑仪。

浑仪示意图

利用沿赤道量度的大圆弧来表示恒星的位置是很方便的，因为所有恒星的周日运动（就是每天的东升西落）都是平行于赤道进行的，但是对于太阳来说就不合适了，因为太阳在恒星背景上的视运动轨道——黄道——和赤道有个23度多的交角。为了更方便地测量太阳的位置，东汉中期的傅安和贾逵就又在浑仪上安装了黄道环，张衡又加上了地平环（$NFSF'$）和子午环（$NPE'SP'E$），于是便成了完整的浑仪。后魏的斛兰用铁铸浑仪的时候（412年），在底座上添置了十字水趺，用来校正仪器的水准，这又是一个进步。

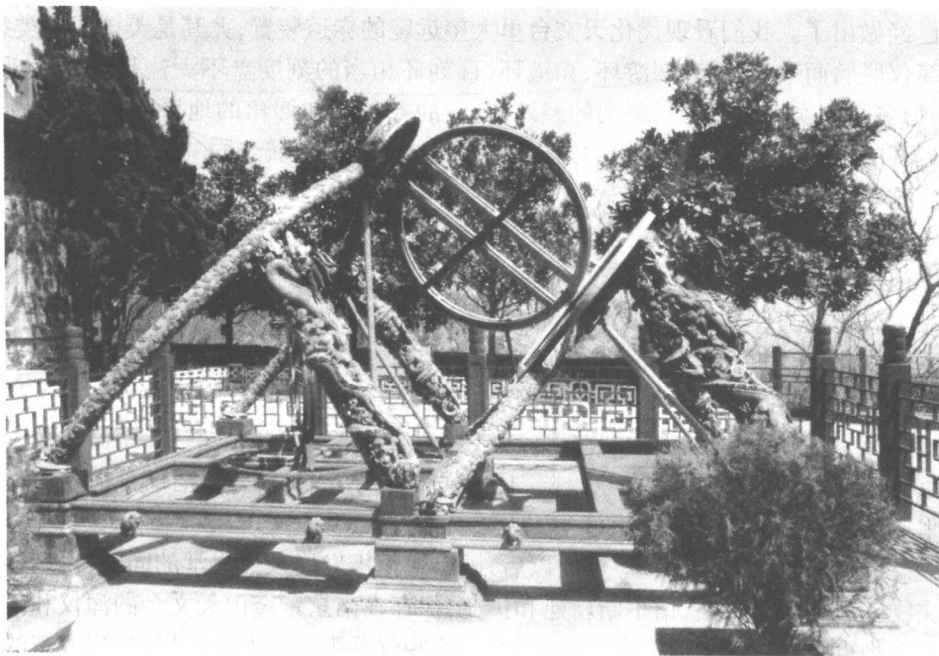
到唐代初年，由于工艺水平和科学技术的发展，李淳风进一步把浑仪由两重改变为三重，就是在六合仪和四游仪之间再安装一重三辰仪。李淳风把张衡浑仪的外面一层——地平圈、子午圈和赤道圈固定在一起的一层叫做六合仪，因为中国古时把东西、南北、上下这六个方向叫做六合；把里面能够旋转用来观测的四游环连同窥管，叫做四游仪。在这两层之间新加的三辰仪是由三个相交的圆环构成的，这三个圆环是黄道环、白道环和赤道环。黄道环用来表示太阳的位置，白道环用来表示月亮的位置，赤道环用来表示恒星的位置。中国古时把日、月、星叫做三辰，所以新增的这一重叫做三辰仪。三辰仪可以绕着极轴在六合仪里旋转；而观测用的四游仪又可以在三辰仪里旋转。现在保存在南京紫金山天文台的明代正统年间复制的浑仪，基本上就是按照李淳风的办法做的，所不同的是把三辰仪中的白道环取消了，另外加了二分圈和

二至圈(过二分点和二至点的赤经圈)。二分圈和二至圈是宋代的苏颂加上去的,白道环是沈括取消的。

保存在南京紫金山天文台的浑仪

沈括取消白道环,是浑仪发展史上的一个转折点,具有重要意义。在沈括以前,往往是增加一个新的重要天文概念,就要在浑仪上增加一个环圈来表现这个概念,仪器发展的方向是不断地复杂化:仪器上的环越来越多。这样就产生了一个缺点:环圈相互交错,遮掩了很大的天区,缩小了观测范围,使用起来很不方便。为了克服这个缺点,沈括一方面取消月道环,把仪器简化、分工,再借用数学工具把它们之间的关系联系起来("省去月道环,其候月之出入,专以历法步之");另一方面又提出改变一些环的位置,使它们不挡住视线。他说:"旧法黄赤道平设,正当天度,掩蔽人目,不可占察;其后乃别加钻孔,尤为拙谬。今当侧置少偏,使天度出北际之外,自不凌蔽。"(《浑仪议》)

沈括把浑仪发展的方向由综合和复杂化改变为分工和简化,为仪器的发展开辟了新的途径,元代郭守敬于至元十三年(1276)创制的简仪就是在这基础上产生的。简仪不但取消了白道环,而且又取消了黄道环,并且把地平坐标(由地平圈和地平经圈组成)和赤道坐标(由赤道圈和赤经圈组成)分别安装,使除了北天极附近以外,全部天空一望无余,不再有妨碍视线的圆环。

简仪的赤道装置是:北高南低的两个支架托着正南北方向的极轴,围绕着极轴旋转的是赤经双环(就是浑仪中的四游仪)。赤经双环的两面刻着周天度数,中间夹着窥管,窥管可以绕着赤经双环的中心旋转。窥管两端,架有十字线,这便是后世望远镜中十字丝的祖先。这样,只要转动赤经双环和窥管,就可以观测空中任何方位的一个天体,并且从环面的刻度上读出天体的去极度数。把去极度数乘以$\frac{360}{365.25}$,再从90°减去这个乘积,就得到现代用的赤纬值。

保存在南京紫金山天文台的简仪

至于赤经数值，那可以由安放在旋转轴南端的赤道环求出。这种把赤道环不放在旋转轴的正中腰而搁在南端的方法，在今天各国的天文台上安装望远镜的时候，还广泛地使用着。当然，今天的赤道环很小，而不是像简仪中那样，赤道环的尺寸和四游环的完全一样。赤道环的环面上刻有二十八宿的度数；另有两根“界衡”，每条界衡的心就是赤道环的中心，可以绕中心沿环面移动。每条界衡的两端都用经线和极轴北端连接起来，构成两个三角形，两个三角形平面的夹角就是赤经差。观测的时候把一个界衡形成的平面对准某宿的距星，把另一个界衡平面对准所要观测的天体，就得到这个天体的入宿度。把入宿度加上从这个天体西侧宿起到春分点所在宿止相应各宿的距度，并且减去春分点位置的宿度，然后乘以$\frac{360}{365.25}$，就是现代用的赤经值。

在赤道环的内部，还固定着一个百刻环，用来承托赤道环，使它旋转方便。百刻环等分成一百刻，又分成十二个时辰，每刻又分作三十六分，这是古代任何仪器上都没有达到的。用界衡来观测太阳，从百刻环上得到的读数就是真太阳时时刻。（由于太阳的视运动沿黄道，而百刻环和赤道面是一致的，因此，从简仪上读到的时刻和用漏壶测得的时刻实际上会有一些差别。）

至于地平装置，简仪把它安放在赤道装置北面支柱的横梁底下。它由一对圆环组成。一个是平铺的“阴纬环”，代表地平圈，环面上刻着方位。一个是“立运双环”，代表地平经圈，垂直立于阴纬环上，并且可以绕轴旋转；双环中间夹有窥管，窥管可以绕立运环的中心旋转。这样，只要转动立运环和窥管，就可以测出任一天体的地平经度和地平纬度。

简仪的设计和制造水平，在世界上遥遥领先 300 多年，直到公元 1598 年丹麦天文学家第谷所发明的仪器才能和它相比。著名的《新总星表》(N.G.C. 星表)的作者德雷耶尔在评价简

仪的历史重要性的时候指出，不少伟大的发明，常常在西方国家享有它们以前的许多世纪，中国人就已经做出了。我们看现代化天文台里大望远镜的赤道装置，尤其是英国式的类型，简直就是从简仪脱胎而来，不过和四游环、赤道环、百刻环相当的刻度盘不太注目而已。近代工程测量、地形测量和实用天文测量所用的经纬仪，它的方位角和仰角的地平装置，也是简仪阴纬环和立运环的结构。而航空导航用的天文罗盘，构造也和简仪属于同一类型。因此可以说，简仪是所有这些近代仪器的原始形态。

郭守敬等创制的简仪，于清康熙五十四年(1715)被传教士纪理安当做废铜给熔化了。现今保存在南京紫金山天文台上的简仪，和浑仪一样，也是明代正统二年到七年(1437—1442)间的复制品。就是这两件复制品也是饱历风霜，备受帝国主义的蹂躏。清光绪二十六年(1900)，八国联军侵入北京，法军把简仪抢去，运进法国大使馆，过了几年才归还；德军把浑仪运到德国波茨坦，第一次世界大战战败后才归还我国。

公元 1921 年浑仪才由欧洲运回北京，1931 年又发生了"九一八"事变，浑仪和简仪又被南迁至南京"逃难"。1937 年 12 月南京沦陷，日本侵略者到了紫金山，又把仪身损坏，龙爪砍断，把许多附属仪表和零件弄得荡然无存。

"萧瑟秋风今又是，换了人间。"解放以后，国家在积极发展现代科学的同时，也高度重视保护古代文物。天文台、系、站、馆不断新建和扩充，保存在南京紫金山天文台的浑仪和简仪以及其他天文文物也受到着意的保护和整修。如今，这些仪器跟长江大桥一样，是到南京的人最爱参观的对象，作为祖国在天文学上伟大成就的象征，激励着我们攀登新的科学高峰。

〔原刊《中国古代科技成就》，北京，中国青年出版社，1978〕

从历法改革与日食观测看理论对实践的依赖关系

在许多天文学书中，常常引用一个故事，说是在夏朝的时候，掌管天文的羲和，因为喝醉了酒，玩忽职守，致使一次日食未能预报，造成社会上的很大混乱，于是夏帝仲康派人把他杀了。当时制度规定，天文学家预告日食，如若不准，就要"杀无赦"。中外许多学者，往往把《尚书·胤征篇》中的这段记载，当做世界上最早的日食纪录，并且以此来论证中国天文学发展很早。但是这段话是否可靠？如说当时有日食发生，并纪录下来，那是可能的；若说那时能准确预报日食，则是不可能的。

预报日食需要理论作指导，这种理论要建立在大量的观测基础上，并为观测的实践所检验。古代对于日食这种奇异现象，许多原始民族总是以一种恐怖感来注意它的。后来发现，这种现象和月亮的圆缺变化有一定的联系：日食总是发生在月亮缺到尽头，又开始生明的时候；月食总是发生在月圆的时候。从地球上看来，月亮的圆缺又与它和太阳之间的位置有关系：阴历的每月月初，黄昏时月亮先从西边出来，离太阳很近；然后逐渐远离，到十五附近月圆时，二者相距 180°，然后距离又逐渐缩小，一直到等于 0°。

把这几个关系上升到理论，中国古代的天文学家就得出一套历法：当日、月的经度相同，即它们的距角等于 0°，叫做"朔"，为一月的开始。日食必然发生在朔，但朔的时候不一定发生日食，因此天文学家们，既得"告朔"，也得预告日食。这两件事情都预告对了，你的历法就是好样的；否则，你的历法就不会被采用，已经采用了的也会被淘汰。这个用实践来检验历法的标准，从汉朝起就确定下来了。《汉书·律历志》说："历本之验在于天。"我国现存的历史上第一部有详细记载的汉朝太初历，先后和 28 家历法进行比较，经过 36 年的辩论，才得到稳固的地位。北齐武平七年(576)政府想要改历，有张孟宾、刘孝孙、郑元伟、宋景业四家来推算该年六月朔(576 年 7 月 12 日)的日食，结果都不对，彼此争论不休，至齐灭亡(577)，未能改成。唐开元九年(721)，当时行用的麟德历已几次预报日食不准，唐玄宗命一行等重新修历，新历(大衍历)于开元十七年颁行以后，不到三年就有许多人提出不同意见，认为大衍历并不好，但和历年日食观测纪录一对比，知当时的三种历法中，九执历只合十分之一二，麟德历合十分之三四，只有大衍历十得七八，于是大衍历才得继续实行下去。南宋绍兴五年正月朔(1135 年 1 月 16 日)日食，太史推算错误，常州布衣陈得一预告准确，于是太史退位，由陈得一主持改历，八月历成，名统元历。

陈得一的推算是否准确？也不是。所谓准确，也是相对的、历史的、有条件的。明末徐光启做过一个统计："日食自汉至隋凡二百九十三，而食于晦日(月底)者七十七，晦前一日者三，初二日者三，其疏如此。唐至五代，凡一百一十，而食于晦日者一，初二日者一，初三日者一，稍密矣。宋凡一百四十八，则无晦食，更密矣。"宋代的明天历规定，推算初亏时间以相差二刻以下为亲，四刻以下为近，五刻以上为远；推算食分以相差一分以下为亲，二分以下为近，三分之

上为远。明末清初的民间天文学家王锡阐则进一步提高到“食分求合于秒,加时求合于分”,并且每遇日食,必以自己的观测结果与计算结果相比较;当二者不一致时,一定要找出原因,而一致时,犹恐有偶合之缘,也还要继续研究。王锡阐的经验是“测愈久则数愈密,思愈精则理愈出”。在人类探索自然的历史长河中,观测的时间越久,次数越多,则所得数据越精密,所建立的理论越完善。但是新的理论还要在实践中得到进一步的检验、证实、丰富和发展。王锡阐在他的《晓庵新法·序》里说:“以吾法为标的而弹射,则吾学明矣。”

一个封建时代的学者敢于把自己提出的理论当做靶子,让别人射击,认为这样才可以发展这门科学。今天,我们有些同志自称信奉唯物主义,熟读《实践论》,但听到实践标准,就如临大敌,好像一讲实践标准,就会大祸临头似的,这岂非咄咄怪事?

彻底的唯物主义者是无所畏惧的。

〔原刊《中国自然辩证法研究会通信》(北京),1978 年 8 月 25 日〕

奇技伟艺　令人景仰

——纪念张衡诞辰1900周年

在中华民族的文明史上，有许多伟大的科学家，他们的卓越成就，在人类认识自然、改造自然的历史上，闪耀着灿烂的光辉。东汉时候的张衡，就是其中的一个。

张衡(78—139)，字平子，南阳西鄂(今河南省南阳县石桥镇)人。他一生孜孜不倦地学习，刻苦钻研科学技术，注重实践，富于幻想，勇于创新，敢于斗争，制作的水运浑象和候风地动仪，在当时世界上遥居首位。他留下了科学、哲学、文学方面的著作32篇，其中《灵宪》、《浑天仪图注》可称得上是浑天学说的经典著作。《思玄赋》是一部难得的人类到星际旅行的畅想曲，《二京赋》在汉代文学史上占有重要地位。《黄帝飞鸟历》、《算罔论》可能是有关制图学方面的著作，可惜已经失传。张衡由于在许多学科领域做出了杰出贡献，至今受到人们的敬仰和怀念。

1956年南阳县人民政府重修了他的墓，墓碑上刻着时任中国科学院院长郭沫若的题词：

“如此全面发展之人物，在世界史中亦所罕见”。

一　“万祀千龄　令人景仰”

解放后，我国出现了好几种介绍张衡生平的书籍，报刊上也发表过许多文章。1953年和1955年先后发行了印有张衡头像和地动仪的纪念邮票。1960年美国普林斯顿大学翻译出版了张衡的《二京赋》。1968年国外出版了一本《恒星物理》说：“他在人类文化早期发展的时候，就有了在实验科学上的伟大发现，实为不可思议的奇迹！”1970年国际上用张衡的名字命名月球背面的一个环形山。1977年太阳系中一个编号为1802的小行星，又用他的名字命名。

今年是张衡诞辰1 900周年。从治学态度和治学方法等方面，回顾一下他的事迹，对于我们赶超世界科技先进水平，将是一个历史的借鉴。

二　约己博艺　无坚不钻

张衡从小爱好学习。据他的朋友崔瑗讲，张衡读起书来，就好像河里的水一样，日夜奔流，片刻不停。但是张衡并不受书本知识的束缚，曾指出《史记》、《汉书》中十几条错误，并且大胆提出，西汉末年扬雄的《太玄经》可以和先秦时期的五部经典(诗、书、易、礼、春秋)并列。这是何等的勇敢！

按照东汉选拔统治人才的制度，根据张衡的出身和治学水平，年轻的张衡，可以得到一官半职。但是张衡却认为“不患位之不尊，而患德之不崇；不耻禄之不伙，而耻智之不博”(《后汉书·张衡列传》)。17岁那年，他离开家乡，到西汉古都长安及其附近地区，考察历史古迹，调查民情风俗和社会经济情况。后来，又到首都雒(洛)阳，参观太学，求师访友，结识了不少有名的

学问家,如著名的经学家马融,《潜夫论》的作者王符,懂得天文历算的崔瑗。尤其崔瑗,对张衡后来的兴趣和爱好,有很大的影响。

公元100年,张衡回到南阳以后,一方面帮助南阳太守鲍德处理文书事务,一方面把在长安和洛阳收集的资料,写成《西京赋》和《东京赋》,合称《二京赋》,一直流传到今天。从此,汉赋由专门歌颂功德的形式,变为对封建统治某些方面进行暴露和讽谏的工具。《二京赋》只有五六千字,从深入生活、搜集材料、参阅文献到最后定稿,却用了十年时间,可见张衡的写作态度是多么严谨。

在科学研究方面,张衡更是抱着"约己博艺,无坚不钻"的决心,脚踏实地地进行工作,不为外界的热嘲冷讽所动摇。他有一句名言:"子忧朱泙漫之无所用,吾恨轮扁之无所教也。"就是说,你们担心我像朱泙漫学屠龙技术一样,三年技成而无所用;我却只怕轮扁做车轮的高级技术不到手(朱泙漫和轮扁的故事,出自《庄子》)。因此对技术精益求精,"虽才高于世,而无骄尚之情","捷径邪至,我不忍以投步"(《后汉书·张衡列传》)。对于那些投机取巧,搞邪门歪道的人,张衡是十分鄙视的。

三　轻视神学　倡导科研

公元108年鲍德调离南阳后,张衡去职留在家乡,用了三年时间钻研哲学、数学、天文,积累了不少知识,声誉大振。公元111年,他再次来到京城。从此以后,张衡两次担任太史令的职务,在科学上取得了卓越的成就。

在汉代,太史令的职责首先是为皇家的婚丧嫁娶和朝廷的各种典礼选择"吉日良辰",其次是为国事占卜吉凶。为了做这两件事,就要观测天象、推算历法和记录全国各地报来的各种奇异自然现象。列宁说:"科学思维的萌芽同宗教、神话之类的幻想有一种联系。而今天呢!同样,还是有那种联系,只是科学和神话间的比例却不同了。"(《列宁全集》第38卷,第275页)在张衡那个时代,科学是神学的婢女,但张衡做了太史令以后,着重倡导和发展的是科学,而不是神学。

天文学方面,张衡完成了浑天说,与同一时代的希腊著名天文学家托勒密的宇宙理论相比,浑天说要先进得多。

首先,在天地关系的问题上,张衡认为天好像一个鸡蛋壳,地好比鸡蛋黄,天大地小。这个看法属于地球中心说的范畴,现在我们知道是错误的,但是在当时,这个看法比托勒密的地球中心说要进步。张衡认为大地是浮在水上的,这很容易使人联想到大地在水面上漂浮游动,这是我国比较早地产生地动思想的条件之一。在欧洲,整个中世纪,受托勒密的地球在宇宙中心静止不动思想的统治,很少有人想到地还会动。

其次,张衡认为天有一个硬壳,日月星辰都附着在这个硬壳上,而硬壳并不是宇宙的边界,硬壳之外的宇宙在空间、时间上都是无限的,不过我们还没有认识,或不能认识。张衡的看法比较接近宇宙的本来面目。托勒密却认为离地球最远的恒星之外是神住的天堂。这样,托勒密就给自然界蒙上了神秘的色彩,为宗教利用这个学说开了方便之门。

第三,在托勒密的《天文集》里,完全没有涉及天地的起源和演化问题,而张衡在《灵宪》一开头就回答了这个问题。他的看法虽然是一种唯心主义的虚无创生论,但比起当时董仲舒的"天不变,道亦不变"来,却是一种朴素的自然发展观,具有一定的进步意义。

第四,托勒密用本轮、均轮来解释行星的运动快慢变化,张衡却说"近天则迟,远天则速",

用距离变化来解释行星运动的快慢。近代科学证明,托勒密的本轮、均轮是一种虚构,而张衡的看法则有可取之处,行星运动的快慢是由它们同太阳距离的远近决定的。

四　勤于实践　富于幻想

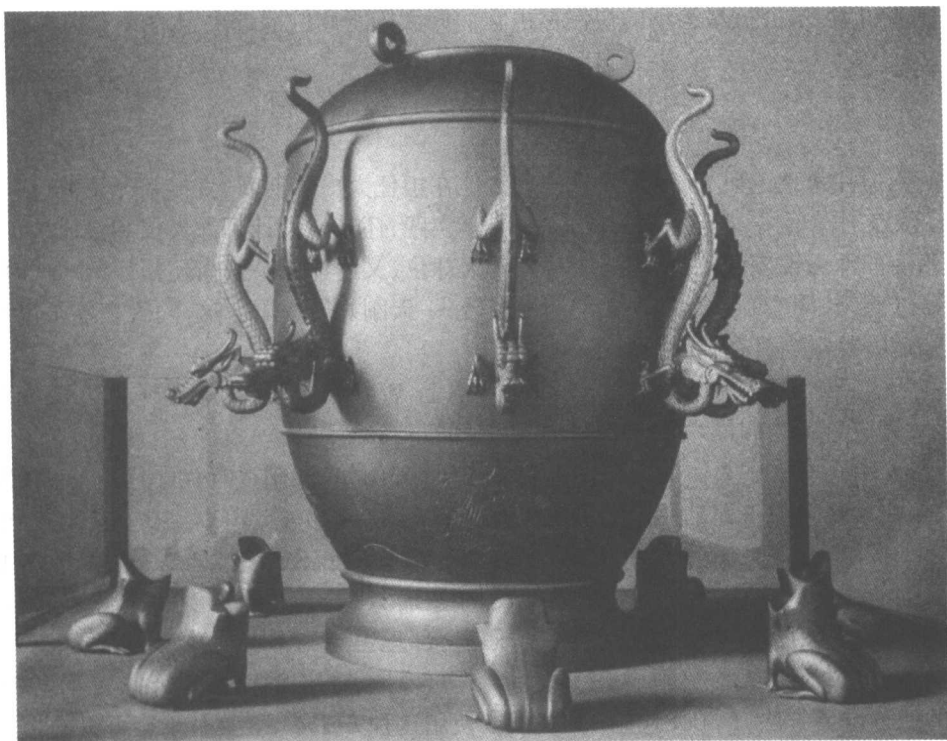
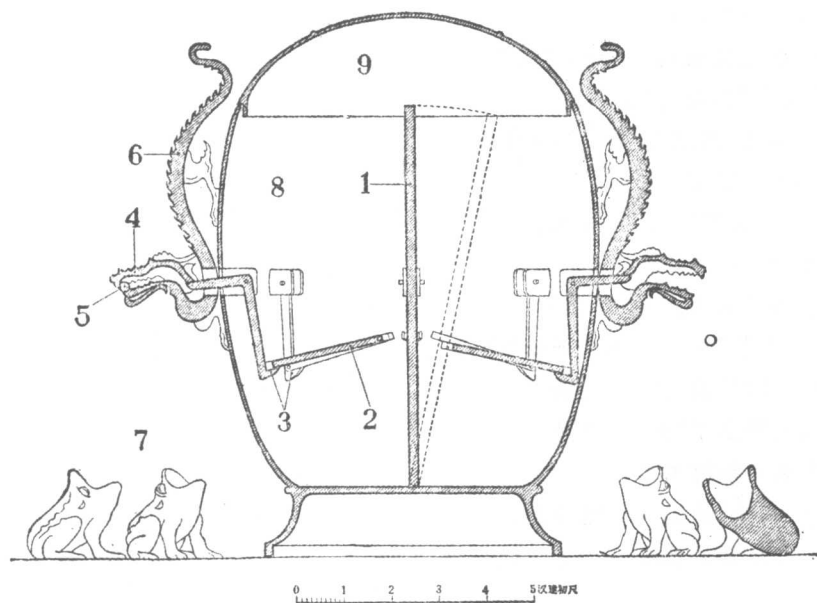
张衡不但注意理论研究,而且注重实践。他在担任太史令期间,直接领导了雒(洛)阳南郊灵台的天文工作。他在灵台观测天象,进行科学实践,还亲自设计了浑天仪和候风地动仪。浑天仪是张衡的浑天说表演仪器,相当于现在的天球仪,又叫浑象。张衡还把浑象同计时的漏壶用齿轮联结起来,漏壶滴水推动浑象均匀地旋转,一天刚好转一周。这样,人在屋子里看浑象,就可以知道哪颗星当时在什么位置上。

张衡为了正确地把天文知识模拟在水运浑象上,曾经亲自动手,操刀弄斧,制成模型,反复试验,最后铸成直径为四尺六寸(每度等于四分)的正式的浑象。

此外,张衡还对许多具体的天象做过观察和研究,例如,太阳远近大小问题。根据张衡的测量,太阳在早晚和中午都是一样大。但是为什么太阳在早晚看起来大,中午看起来小呢? 他用一团火做实验。这团火夜里看就大,但白天看就小,于是得出结论,这是一种光学作用,早晚观测者所处的环境比较暗,由暗视明就显得大,中午时天地同明,看天上的太阳就显得小。当然,张衡对这一现象的解释,是理由之一,尚不是全部理由。到了晋代才有人做了比较完整的解释。但是,先用观测取得数据,再在实验室内进行模拟、对比,这是现代天体物理学中揭开宇宙奥秘的一种重要方法,1 800 年前的张衡就在使用这种方法了,确实是难能可贵的。

如上所述,张衡在制作仪器和观测天象当中,是非常严密和认真的,但是另一方面他又有丰富的幻想。他的一篇《思玄赋》幻想飞出太阳系之外,遨游于星际空间(引号内均为星名):

我走出清幽幽的"紫微宫",
到达明亮宽敞的"太微垣";
让"王良"驱赶着"骏马",
从高高的"阁道"上跨越扬鞭!
我编织了密密的"猎网",
巡狩在"天苑"的森林里面;
张开"巨弓"瞄准了,
要射杀嶓冢山上的"恶狼"!
我在"北落"那儿观察森严的"壁垒",
便把"河鼓"敲得咚咚直响;
款款地登上了"天潢"之舟,
在浩瀚的银河中游荡;
站在"北斗"的末梢回过头来,
看到日月五星正在不断地回旋。

这是多么美妙的一首幻想曲! 现在,我们也只是初步做到行星旅行,要飞出太阳系,到星际空间中去旅行,恐怕至少也得到21世纪,而张衡的幻想,早把人们带到光辉灿烂的星座中间去遨游了。

地动仪(王振铎复原)

地动仪原理示意图

1. 都柱　2. 八道　3. 牙机　4. 龙首　5. 铜丸　6. 龙体　7. 蟾蜍　8. 仪体　9. 仪盖

五　敢于斗争　反对图谶

自西汉末年开始，在社会上流行着一种预卜吉凶的迷信预言和隐语，叫做“谶”。这种“谶”既有文字，又有图画，所以也叫做“图谶”。图谶本是当时的一些巫师和方士编造出来的，却托名孔子或其他“先圣”所做。王莽为了做皇帝，曾利用图谶，东汉光武帝也利用图谶作为自己继承西汉王朝的合法根据，以后的东汉历代皇帝也都是笃信图谶的。当时的知识分子除了要精通儒家经典以外，还需要懂得图谶之学，即“博贯五经，兼明图谶”。

公元123年，围绕着当时使用的四分历，展开了一场大辩论，梁丰、刘恺等80余人，认为四分历不合图谶，应该恢复西汉时期的太初历。另一方面，李泓等40余人主张继续使用四分历，理由是四分历就是根据图谶来的，最正确。张衡则认为这两派的意见都是错误的，历法的改革与否，不应以是否合乎图谶为标准，而应以天文观测的结果为依据。他和周兴观测的结果是九道法最为精密。经过一场激烈辩论以后，九道法虽没有被采用，但企图用图谶来附会历法的做法也归失败。这是我国天文学史上唯物论对唯心论斗争的一次胜利。

张衡反图谶的斗争在天文学领域取得胜利以后，又于公元132年进一步揭露太学考试的各种弊病，极力反对把图谶作为太学考试的内容。第二年又进一步提出，要求禁绝所有的图谶之书。

必须指出，张衡的反对图谶，并不是反儒，相反，他正是为了纯洁儒家经典，防止把孔子妖化才这样做的。他在《请禁绝图谶疏》的末尾说得很清楚：“宜收藏图谶，一禁绝之，则朱紫无所眩，典籍无瑕玷矣。”(《后汉书·张衡列传》)评价一个人不能离开当时的历史条件：张衡受儒家思想的束缚，对图谶的斗争，虽然只限于揭露其自相矛盾和论证其非“圣人”所作，缺乏理论上的批判，但敢于反对图谶，就得有很大的勇气。因为在他那个时代，反图谶是容易遭致杀身之祸的。

由于时代和阶级的局限，张衡兼有儒、道、墨、阴阳诸家思想，不可能、也不是一个彻底的唯物主义者，但他对于图谶的斗争，有利于自然科学唯物主义的发展，而他在科学上的成就，对于唯物论战胜唯心论，更是有推动作用的。例如，在地动仪制成以后，有些人不相信他能测知地震。公元138年的一天，地动仪的一个铜球突然落了下来，但在洛阳并没感到地震。几天之后甘肃来人报告说，当时那里发生了大地震。在事实面前，大家都不得不承认地震是能够用仪器测知的。现在，全世界一致公认，张衡是地震学的鼻祖。

张衡处在封建社会里，能够给人类做出如此巨大的贡献，至今仍为人所共仰。今天，伟大的社会主义祖国已经进入历史发展的新时期，现代化的宏伟前景鼓舞着我们去攀登现代科学技术的新高峰。

〔原刊1978年9月26日《人民日报》；选自《张衡研究》，北京，学苑出版社，1999〕

国际上天文学史的研究*

天文学史是以天文学本身为研究对象的一门学科。它研究天文学的发展规律,研究当代天文学的一些课题,是天文学中不可缺少的一个分支。阐明它的意义,掌握国内外动态,分析我国当前研究中存在的问题,是很有必要的,无论对于天文学的发展,还是对于自然科学史的研究,都会有促进作用。

一　国内外状况

近20年来,在天文学突飞猛进的同时,国际上的天文学史研究也在迅速发展,著作越来越多。天文学史的文章除了散见于各种期刊外,从1970年起,在英国开始有《天文学史杂志》(*Journal for the History of Astronomy*,缩写为*JHA*)出版。日本也出版了《天文学史研究》。美国从今年起出版《考古天文通报》(*Archeoeastronomy Bulletin*)。苏联从50年代起以论文集形式出版《天文学史研究》(Историко Астрономические Uсследования),从70年代起又增出《天文学史问题》(Вопросы истории астрономии)一种。

国际天文协会主编的《天文学通史》,从今年开始由英国剑桥大学陆续出版,全书共分四卷:第一卷为哥白尼以前的天文学史;第二卷为16—19世纪太阳系研究史;第三卷为16—19世纪恒星研究史;第四卷为20世纪天文学史。

国际性的天文学史研究活动也很热闹。国际天文协会第41组(即天文史组)和国际科学史协会的天文史会议,过去都是三年开会一次(从下届起国际科学史协会改为四年一次)。1974年国际科学史协会在日本召开大会,着重讨论中国科学史问题。1976年国际天文协会开会时第41组分为四个小组,分别讨论:古代天象纪录的应用问题;如何开展现代天文学史研究;考古天文问题(即史前天文学);编辑出版问题。

1964年8月西德汉堡大学召开了天文仪器史和天文学史编写法会议,有18个国家的80多位学者参加,其中有两篇文章讨论快速电子计算机在天文学史工作中的应用,还有一篇关于西藏天文学的文章[1]。1968年1月香港崇基学院召开了中国科学史讨论会,美国、日本、新加坡、马来西亚等都有人参加。

1971年在列宁格勒举行"纪念开普勒诞辰400周年"大会[2],1972年在伦敦举行"天文学在古代世界的地位"会议[3],1973年在波兰举行"纪念哥白尼诞辰500周年"大会[4],1973年在美国举行"哥伦布以前美洲的考古天文学"会议[5],1974年在美国举行"宇宙论、历史和神学"会议[6],1976年在印度举行纪念阿拉巴塔(Aryabhata)诞辰1 500周年大会,这些都是大型国际学术讨论会。

国际上的天文学史研究,主要集中在近代和现代史研究,对于中国天文学史也投入了相当

---

* 合作者:郑文光

的力量。首先是日本。日本研究中国天文学史的人已经发展到第四代。第一代是新城新藏和饭岛忠夫的论战,前者主张中国天文学是土生土长的[7],后者则主张来源于巴比伦[8]。第二代以能田忠亮为代表,著有《东洋天文学史论丛》[9]。第三代以薮内清为代表,他在京都大学人文科学研究所主持中国科学史研究班,他的代表作是《中国的天文历法》[10]。第四代是山田庆儿、中山茂和桥本敬造等人。现在山田庆儿接薮内清的班,主持中国科学史研究班,1979年3月出版了《中国的科学和科学者》[11];山田本人写的《通向授时历的道路》和宫本一彦写的《中国人的行星论》,都有较高的水平。中山茂任教于东京大学,他用英文出版的《日本天文学史——中国的背景和西方的影响》[12]一书,在欧美颇得好评。桥本敬造则专心致力于清代天文学。

继李约瑟[13]之后,席文(N.Sivin)在美国想把他所在的宾夕法尼亚大学变成研究中国科学史的另一中心。席文在天文学史方面的代表作有《中国早期数理天文学中的宇宙和计算》[14]、《哥白尼在中国》[15]等。他正在把授时历译成英语,作为他主编的东亚科学丛书之一。席文还编有《中国科学》(*Chinese Science*)杂志一种,刊登有关中国科学史的论文和动态。

此外,英国克拉克和斯蒂文森合著《历史上的超新星》[16]于去年出版,主要用的是中国资料。联邦德国的哈特纳(W.Hartner)在研究甲骨文中的天文资料和汉代的日月食,新加坡的洪天赐在研究僧一行,美国加州大学的汉德生(J.Handerson)在研究天文历法对明末清初天文学家的影响。澳大利亚的何丙郁对中国天文学做过一系列工作[17],对1054年超新星和蟹状星云的关系问题,曾提出异议[18]。总之,在世界各地都有一些对中国天文学史有兴趣和正在做工作的人。

我国进入70年代以后,天文学史工作也有很大的发展。1973年举行了纪念哥白尼诞辰500周年的活动。1974年冬国务院科教组和中国科学院联合召开了研究中国天文学史的规划会议;1975年冬在天津召开了研究成果交流会。近几年来的主要成果,除已刊于《中国科学》、《天文学报》、《考古学报》、《历史研究》、《文物》、《考古》等期刊,和《中国天文学史文集》、《科技史文集·天文分册》以外,即将交付出版的重要著作有:北京天文台天象资料组汇编的《中国天象纪录总表》和《中国古代天文史料汇编》;中国社会科学院考古研究所主编的《中国天文文物图录》和《中国天文文物文集》;中国天文学史整理研究小组主编的《中国天文学史》和《中国天文学简史》。

二 研究天文学史的意义

天文学史的研究与天文学的发展有着密切的关系,这可从以下几方面来看。

第一,天文现象的变化,有的时间尺度很长,而人类观测的历史只有几千年,用望远镜观测还不到400年,因此,有许多的理论研究,就不仅需要近代的观测资料,也需要遥远的古代资料。例如,1976年美国艾迪发表文章,从1645年至1715年间太阳黑子纪录极少,即所谓蒙德(Maunder)极小期出发,又结合日冕形态的描述、极光纪录和树木年轮中放射性C^{14}的测定等,提出见解说,至今人们公认的太阳活动的11年周期在历史上并不存在,只是近200多年的事[19]。文章发表以后,议论纷纷。要证实或否定这一看法,就必须查阅大量历史资料。为此,我国云南天文台、紫金山天文台、北京天文台和自然科学史研究所做了大量工作,有的已经发表[20-22],有的即将发表[23]。他们的结论是,蒙德极小期是太阳活动更长的周期中的一个周期现象,而在这个蒙德极小期中11年周期也还存在。又如,1976年惠普在英国《自然》杂志上

说:“50年代以来对彗星研究的三大成就是:确认在太阳系外围有一彗星云,彗核是由脏冰组成和用太阳风来解释彗尾。”[24]江涛利用中国历史上的哈雷彗星纪录,先定出它每次过近日点的时刻,然后再利用天体力学方法计算其过近日点的时刻,两相比较,在扣除了九大行星摄动引起的误差以外,还有 4.1 日之差。江涛认为,这 4.1 日之差,即由非引力效应引起的,这个非引力效应就是脏冰球的自转和挥发引起的;反过来,用这个数值也可以检验脏冰球模型[25]。在这里,又把中国的纪录和最新的彗星理论联系起来了。此外,中国历史上的新星和超新星纪录在射电天文学中的作用[26],日、月食纪录在研究地球自转不均匀性中的作用[27],等等,都是尽人皆知的事例。我们的祖先给我们留下了一大批天文学遗产,我们应该积极地做好这方面的工作。

第二,天文学史是人类怎样认识宇宙的历史,研究这部历史,对于理解马克思主义的认识论有着重要的意义,在天文学史上就有众多的例子可资论证。哥白尼学说建立的过程就是很有说服力的例子。又如我国《汉书·律历志》中说:“历本之验在于天”,我国的一部历法史,就是从观测实践基础上建立起来的历法理论,通过日月食观测这一实践的检验,而不断地丰富和提高的过程[28]。明末清初的民间天文学家王锡阐说:“测愈久则数愈密,思愈精则理愈出。”在人类探索自然的历史长河中,观测的时间越久,次数越多,则所得数据越精密,所建立的理论越完善;但是新的理论还要在实践中得到进一步的检验,所以他又说:“以吾法为标的而弹射,则吾学明矣。”

第三,历史是一面镜子,可以鉴往知来。从科学政策和组织管理上研究历史经验,可供制订天文科学发展规划和组织管理工作借鉴;从治学态度和治学方法方面,总结历代有成就的天文学家和天文学派的丰富经验,作为今日研究中的参考;还可以从对过去的学术思想、理论和假设的评价中,培养对不同的学说的冷静和客观的批判态度。美国席文曾说,今天的美国文化,很像中国历史上的唐朝文化。唐朝是我国历史上很有名的强盛时代,当时不仅吸收外国的东西,而且欢迎外国人来中国工作。最近在西安附近发现了唐代瞿昙谍的墓志铭,从而弄清了瞿氏世系:瞿昙谍是瞿昙悉达的第四个儿子,瞿昙悉达是瞿昙罗的儿子,瞿昙罗祖籍中天竺,先辈移居长安。自瞿昙罗起,至瞿昙谍的儿子瞿昙晏为止,四代人服务于唐朝司天监 100 多年,而且经常担任监正或监副的要职,做了不少工作。瞿昙悉达编著的《开元占经》,至今还是研究我国天文学史的重要资料。

此外,正确评估我国各族人民和世界各国人民在天文学上的贡献,阐明我国与世界各国在天文学上的交流关系,对于加强我国各族人民之间的团结,增进各国人民之间的相互了解,都会有一定的帮助。1973 年纪念哥白尼诞辰 500 周年期间,我们发现了北京图书馆保存的《天体运行论》的第二版和第三版,以及故宫博物院保存的英国造的两台表演哥白尼学说的仪器,将这四样东西在北京天文馆展出后,波兰、英国、瑞士、意大利、加拿大、墨西哥等国都有人来参观,去年还有人来拍摄照片,日本的中山茂并且论述说,日本的太阳中心说,除直接翻译荷兰书籍外,还接受了由中国传去的东西[30]。

总之,天文学史的研究,对于天文学的发展,对于实现四个现代化,对于促进国际交往,都能够做出一定贡献,这是一件应当做好的工作。

三 几点意见

为了加强天文学史的研究,提高天文学史研究工作的效率,提出以下几点意见供有关方面

参考。

第一，在继续加强中国天文学史研究的同时，要大力开展世界近代和现代天文学史的研究；特别是研究第二次世界大战后各国天文学发展的历史，总结其经验教训。要研究国外许多大天文台的组织管理工作经验；总结近代一些有成就的科学家（如赫茨勃龙、夏普莱，等等）的治学态度和治学方法；系统地研究天文学各个分支（如天体物理、天体演化、射电天文）的历史，以便迅速取得较大成效。

第二，中国天文学史的研究，要从乾嘉学派的烦琐考证中摆脱出来，着重探讨规律性，有重点地研究问题。我们认为最近几年应着重研究如下几个方面：

1. 结合现代天文学，探讨一些新课题，如引力常数是否有变化？太阳活动的规律性怎样？地震是否与太阳活动有关？太阳系某些天体的演化，超新星与脉冲体、X 射线源（有的可能就是黑洞）的关系，等等。

2. 对于我国古代天文学各个领域、各个概念和范畴的起源，国内外都是争论不休，我们要组织各方面的有关力量（如考古学、民族学、语言学等）拿出较为成熟的见解来。国外近年来广泛开展的考古天文学，在我国尚属空白，尤应迅速赶上。

3. 中外交流问题，外国天文学传到我国的比较清楚，我国天文学传到国外的情况，特别是对于西亚和欧洲的关系，则比较模糊，这也应作为研究重点。

4. 我国有 50 多个少数民族，有些各有自己的天文知识，应抓紧时间做一次全面普查，弄清我国各民族在各个历史阶段对天文学的贡献。

5. 自明代以后，相对来说，我国天文学是比较落后了。过去写天文学史以写成就为主，往往就把这近 400 年的历史省略了。现在从总结经验教训入手，就觉得这一段值得研究的问题很多，亟待开展工作。

6. 科学思维的萌芽同宗教、神话之类的幻想往往联系在一起，在早期阶段，天文学同星占术有着密切关系。为了弄清天文学思想发展的脉络，对于星占术也有着重研究一下的必要。

第三，天文学史研究的组织工作要加强，要组织力量对中国和世界天文史的重大问题进行研究。同时，在中国天文学会内要协调各单位之间的分工，并推动非专业人员的业余研究，组织学术交流。天文学史文集要继续出版，并争取在 1982 年改为季刊。同时还应加强国内外的情报工作和外文书刊的翻译介绍。

（本文曾在中国天文学会第三次代表大会上报告）

参 考 文 献

[1] *Vistas in Astronomy*. 1967(9).

[2] *ibid*. 1975(18).

[3] Hodson F. R. ed. *The Place of Astronomy in the Ancient World*. Oxford Univ. Press, 1974.

[4] Nicolas Copernicus Committee of IUHPS ed. *The Reception of Copernicus' Heliocentric Theory*. Poland: 1973.

[5] Aveni A. E. ed. *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*. Univ. of Texans Press, 1975.

[6] Wolfgang Yourgrau and Breck A. D. ed. *Cosmology, History and Theology*. Plenum Press, 1977.

[7] 新城新藏. 东洋天文学史研究.（沈璿译）. 中华学艺社, 1933.

[8] 饭岛忠夫. 科学.（陈啸仙译）. 1926(11).

[9] 能田忠亮. 东洋天文学史论丛. 恒星社, 1943.

[10] 薮内清. 中国の天文历法. 东京:平凡社,1969.
薮内清的著作目录见《东方学报》,1970(41):763
[11] 山田庆儿. 中国の科学と科学者. 京都大学人文科学研究所,1978.
[12] Nakayama Shigeru. *A History of Japanese Astronomy—Chinese Background and Western Impact*. Harvard Univ. Press,1969.
[13] 李约瑟的著作目录见 *Changing Perspectives in the History of Science* (*Essays in Honour of Joseph Needham*). Heinemann Press,1973.
[14] Sivin N. *T'oung Pao*. 1969. 55
[15] Sivin N. *Studies Copernicana*. 1973. 63
[16] Clark D. H. Stephenson F. R. *The Historical Supernovae*, Pergaman Press,1977.
[17] 何丙郁的著作目录见日本《科学史研究》,1972(102).
[18] Ho Peng-yoke et al. *Vistas in Astronomy*. 1972(13):1
[19] Eddy J. A. *Science*. 1976. 192,4245,1189; *Proceeding of the Inter. Sym. on Solar-Terr. Phys*, 1976(11): 958
[20] 云南天文台古代黑子纪录整理小组. 天文学报,1976,17(2):217
[21] 丁有济,张筑文. 科学通报,1978,23(2):107
[22] 罗葆荣,李维葆. 科学通报,1978,23(6):362
[23] 戴念祖,陈美东. 科技史文集:天文分册,第二集. 上海科学技术出版社.
[24] Whipple F. L. *Nature*. 1976(15):263
[25] Kiang T. *Mem. R. astr. Soc*. 1971(76):27
[26] 席泽宗,薄树人. 天文学报,1965,13(1):1. 科学通报,1965(5):387; *Science*. 1966(154):3749,597; *NASA. TT-F*. 1966. 388
[27] Newton R. R. *Ancient Astronomical Observation and the Acceleration of the Earth and Moon*. John Hopkins Press,1970.
[28] 席泽宗. 中国自然辩证法研究会通讯,1978(12).
[29] 席泽宗. 人民日报,1978—09—26
[30] 中山茂. 日本の天文学. 岩波书店,1972.

〔原刊《自然杂志》(上海),第2卷,第4期,1979年4月〕

为《中国大百科全书·天文学》所撰词条

天文学史

对象和方法　天文学的一个分支,也是自然科学史的一个组成部分,它研究人类认识宇宙的历史,探索天文学发生和发展的规律。

沿革　天文学史的研究在中国有悠久的传统。二十四史中的天文志和律历志都有叙述天文学发展史的部分。中国历代著名的天文学家对中国天文学的发展都做过许多研究。唐代的《大衍历议》和元代的《授时历议》都从历法的角度对中国古代天文学的演进做过详细的论述。这一传统到了清代得到更大的发展。清人钱大昕、李锐和顾观光等人在天文史料的整理研究方面都曾做出重要贡献。阮元主编的《畴人传》,搜集了中国天文学家和数学家的不少史料,为后人的进一步研究提供了方便。从五四运动到中华人民共和国成立这一时期,朱文鑫等人对天文学史做了不少研究工作。中华人民共和国成立以后,一支专业的天文学史队伍开始形成。许多天文机构都有从事这方面工作的人员。30年来,中国天文学史研究已取得很多成就。

近代天文学兴起以后,从18世纪到20世纪初的两个多世纪中,西欧国家对天文学史做了广泛的研究。法国出版了好些多卷本的天文学史著作。其中较著名的有贝里的《天文学史》两卷,部头最大的是杜恩的《世界体系》,从柏拉图到哥白尼共写成10大卷。20世纪以来,欧美各国对从古希腊到19世纪欧洲的天文学史进行了比较充分的研究。近几十年来,一些亚非国家的天文学史,早期美洲的天文学史,现代天文学史和考古天文学等都受到越来越多的注意。现在,国际天文学联合会内设有天文学史组,几乎每年都举行国际性学术会议。苏、英、美等国都出版了天文学史的专门刊物。

对象和分科　在全世界范围,把整个人类认识宇宙的历史作为一个整体来研究的,是世界天文学史。研究各个地区、民族和国家的天文学发展的则是有关地区、民族和国家的天文学史。世界天文学史和各地区、民族或国家的天文学史又可以按时代划分成更细的分支。如:考古天文学(即史前天文学)、古代天文学史、中世纪天文学史、近代天文学史和现代天文学史。当然,各个地区、民族或国家的发展各有自己的特点,上述按时代的划分也并不千篇一律。例如,埃及古代天文学、美索不达米亚天文学、希腊古代天文学等都有光辉的历史;阿拉伯天文学在中世纪曾大放异彩;在3至9世纪,玛雅人也创造了自己的天文历法;而中国和印度则一直到近代以前都不断有辉煌的创造和发明。总结各国、各地区、各民族在天文学上的贡献,寻找其特点,阐明它们之间的关系,是天文学史的一项重要任务。

随着天文学研究内容的日益丰富,分支学科越来越多,天文学史的分科也越来越细。射电天文学史、天体演化学史、宇宙论史、月球研究史、海王星发现史等目前都有专著出版。

在人类认识宇宙的过程中,人是认识的主体。对天文学家、天文学派和天文机构的研究,是天文学史的基本工作。分析历史上人们发展天文事业的组织方法、科学研究方法和培养人

才的方法，分析有成就的天文学家的实践活动、思维过程、治学态度、治学方法和哲学观点，总结他们的经验教训，对于今天的科研工作无疑具有借鉴的意义。

人类认识宇宙有赖于观测手段的改进。望远镜的发明、分光仪的使用、射电技术的成功、人造卫星的发射，都给天文学带来划时代的变革。因此研究天文仪器和技术设备的历史，也是天文学史的重要课题。

在人类历史的早期，天文学知识往往是伴随着占星术而来的。占星术是一种迷信。但是，它需要观测、推算星辰的运动，因此对古代天文学的发展曾有过不可忽视的影响。要探明天文学的发展规律，就必须对这种影响进行科学的研究和分析。

方法 研究天文学史必须在辩证唯物主义和历史唯物主义指导下，运用天文学和历史学的知识，对文献资料进行科学分析，还要对不断发现的天文学遗物和文献进行实地考察，对有些记载进行模拟、复原、核算和重复观测，并要随时注意考古发现的新材料。只有这样，才能还历史以本来面貌。

意义 (1) 天文学史的研究可以从认识宇宙方面阐明人类思维发展的规律，有助于人们掌握正确的宇宙观和方法论，也有助于更全面、更深刻地认识宇宙，从而可以丰富马克思列宁主义的认识论。(2) 天文学史的研究可以总结经验，探明天文学研究的规律，使当前和今后的天文学研究工作有所借鉴。对于一个具体的天文学研究课题，探讨它的历史也常常可以得到重要的历史信息。有些天文学课题的研究，如超新星爆发、地球自转速率的变化、太阳黑子等活动，十分需要长期的观测资料。在这方面，天文学史的研究可以做出许多贡献。(3) 天文学史的研究成果丰富了文化史的内容，有助于历史学的研究。尤其是因为时间的量度是由天体的运动决定的，所以，历史上的许多年代问题往往需要用天文方法来考证，如中国历史上武王伐纣的时间、屈原的生年的确定和中西历的换算，都需要天文学史工作者的帮助。(4) 天文学史有重要的宣传教育意义，对于天文学教育或爱国主义教育都能提供生动有力的材料。研究各国天文学知识互相交流的历史，可以增进各国人民的相互了解和友谊。(5) 研究世界的近代、现代天文学史，总结近代尤其是 20 世纪以来天文学发展的经验教训，吸取各国成功的经验，对于中国今天发展天文科学事业具有迫切的现实意义。

中国天文学史*

引　　言

中国是世界上天文学发展最早的国家之一，几千年来积累了大量宝贵的天文资料，受到各

* 合作者：薄树人，陈久金

国天文学家的注意。就文献数量来说，天文学仅次于农学和医学，可与数学并列，是构成中国古代最发达的四门自然科学之一。

中国古代天文学萌芽于原始社会，到战国秦汉时期形成了以历法和天象观测为中心的完整的体系。

历法是中国古代天文学的主要部分。在二十四史中有专门的篇章记载历代历法的资料，称为“历志”或“律历志”。中国古代的历法相当于印度的悉檀多(Siddhanta)或阿拉伯的积尺(Zij)，它不单纯是计算朔望、二十四节气和安置闰月等编排日历的工作，还包括日月食和行星位置的计算等一系列方位天文的课题，类似编算现在的天文年历。跟欧洲不同，中国、印度和阿拉伯各国的古代天文学都是以历法作为主要内容。在另一方面，中国又跟印度和阿拉伯不同，后者长于行星位置的计算，而中国则长于日月运行的计算。

天象观测是中国古代天文学的另一项主要内容。二十四史中专门记载这类资料的部分叫做“天文志”。其中包括天象观测的方法、仪器和纪录。主要的观测仪器——浑仪，同希腊用的黄道式装置不同，中国用的一直是赤道式装置。纪录观测数据的度数，在明末以前中国一直是分圆周为 365 $\frac{1}{4}$ 度，而受巴比伦影响的各国则用 360°。2000 多年来，中国保存下来的有关日食、月食、月掩星、太阳黑子、流星、彗星、新星等丰富的纪录，是现代天文学的重要参考资料。

以元代的授时历为标志，中国古代天文学发展到最高峰。明代有 200 年的停滞。万历年间(1573—1620)，随着资本主义的萌芽，社会对天文学产生新的要求。正在这时，欧洲一些耶稣会士来到中国。他们为了迎合中国人的这一要求，采取学术传教的策略，把一些不破坏其宗教信条的欧洲科学技术知识介绍给中国。这样，中国天文学就开始同西方天文学融合。1859 年，李善兰和伟烈亚力合译英国 J.F. 赫歇耳的《谈天》，中国人得以窥见近代天文学的全貌。但由于当时中国已沦为半封建半殖民地社会，现代化的天文台和观测手段，都不可能建立和创制。中华人民共和国成立以后，仪器设备、台站建设、干部培养等工作，才列入国家计划，得到较大的发展。

中国古代天文学的萌芽：从远古到西周末(前 770 以前)

1960 年在山东莒县和 1973 年在山东诸城分别出土的两个距今约 4500 年的陶尊，上都有一个 符号。有人释为“旦”字。这个字上部的“○”像太阳，中间的“ ”像云气，下部的“ ”像山有五峰，山上的云气托出初升的太阳，其为早晨景象，宛然如绘。《尚书·尧典》说“乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授人时”，说明在传说中的帝尧(约公元前 24 世纪)的时候已经有了专职的天文官，从事观象授时。《尧典》紧接着说：“分命羲仲，宅嵎夷，曰旸谷，寅宾出日，平秩东作。”这段话的意思是，羲仲在嵎夷旸(汤)谷之地，专事祭祀日出，以利农耕。山东古为东夷之域，莒县、诸城又处滨海之地，正是在这里发现了祭天的礼器和反映农事天象的原始文字，这与《尧典》所载正可相互印证。《尧典》虽系后人所作，但它反映了远古时候的一些传说，当无疑义。

《尧典》还说，一年有 366 天，分为四季，用闰月来调整月份和季节。这些都是中国历法(阴阳历)的基本内容。《尧典》中有“日中星鸟，以殷仲春”，“日永星火，以正仲夏”，“宵中星虚，以殷仲秋”，“日短星昴，以正仲冬”四句话，说的是根据黄昏时南方天空所看到的不同恒星来划分季节。这里提到的只有仲春、仲夏、仲秋和仲冬四个季节。

从夏朝(前 21—前 16 世纪)开始，中国进入奴隶社会。流传下来的《夏小正》一书，反映的

可能是夏代的天文历法知识:一年十二个月,除二月、十一月、十二月外,每月都用一些显著的天象作为标志。《夏小正》除注意黄昏时南方天空所见的恒星("昏中星")以外,还注意到黎明时南方天空恒星("旦中星")的变化,以及北斗斗柄每月所指方向的变化,比《尚书·尧典》有所发展。

夏朝的末代几个皇帝有孔甲、胤甲、履癸等名字,这证明当时已用十个天干(甲乙丙丁……)作为序数。

在殷商(前16—前11世纪)甲骨卜辞中,干支纪日的材料很多。一块武乙时期(约前13世纪)的牛胛骨上完整地刻画着60组干支,可能是当时的日历。从当时大量干支纪日的排比,学者对当时的历法,得出比较一致的意见:殷代用干支纪日,数字记月;月有大小之分,大月30日,小月29日;有连大月,有闰月;闰月置于年终,称为十三月;季节和月份有大体固定的关系。

甲骨卜辞中还有日食、月食和新星纪事。如"癸酉贞:日夕有食,佳若? 癸酉贞:日夕有食,非若?""旬壬申夕月有食","七日己巳夕豈,□有新大星并火"等(甲骨卜辞中的新星纪事)。

比甲骨文稍晚的是西周时期(前11—前8世纪)铸在铜器(钟、鼎等)上的金文。金文中有大量关于月相的记载,但无朔字。最常出现的是:初吉、既生霸(魄)、既望、既死霸(魄)。人们对这些名称有种种不同的解释。但除初吉以外,其他几个词都与月相有关,则无异议。

"十月之交,朔日辛卯,日有食之……彼月而食,则维其常,此日而食,于何不臧?"《诗·小雅》中的这段话,不但纪录了一次日食,而且表明那时已经以日月相会(朔)作为一个月的开始。一些人认为,这次日食发生在周幽王六年,即公元前776年,也有人认为发生在周平王三十六年,即公元前735年。

《诗经》中还有许多别的天文知识。明末顾炎武在《日知录》里说:"三代以上,人人皆知天文。"他列举的四件事中,有三件都出自《诗经》,那就是"七月流火"、"三星在户"和"月离于毕"。《诗经》中还记载了金星和银河,以及利用土圭测定方向。如果认为《周礼》也反映西周的情况,那么,在西周时代应该已经使用漏壶计时,而且按照二十八宿和十二次来划分天区了。到了西周末期,中国天文学已经初具规模了。

体系形成时期:从春秋到秦汉(前770—公元220)

春秋时期(前770—前476)中国天文学已经处于从一般观察到数量化观察的过渡阶段。《礼记·月令》虽是战国晚期的作品,但据近人考证,它所反映的天象是公元前600年左右的现象,应能代表春秋中叶的天文学水平。它是在二十八宿产生以后,以二十八宿为参照物,给出每月月初的昏旦中星和太阳所在的位置。它所反映的天文学水平要比《夏小正》所述的高得多。

纪录这一段历史的《春秋》和《左传》,都载有丰富的天文资料。从鲁隐公元年(前722)到鲁哀公十四年(前481)的242年中,纪录了37次日食,现已证明其中31次是可靠的。鲁庄公七年(前687)"夏四月辛卯,夜,恒星不见。夜中,星陨如雨"。这是天琴座流星雨的最早记载。鲁文公十四年(前613)"秋七月,有星孛入于北斗",是关于哈雷彗星的最早纪录。

大概在春秋中叶(前600年左右)已开始用土圭来观测日影长短的变化,以定冬至和夏至的日期。那时把冬至叫做"日南至",以有日南至之月为"春王正月"。中国科学史专家钱宝琮的研究认为:《左传》里有两次日南至的记载,间距为133年。在这133年中,纪录闰月48次,失闰1次,共计应有49个闰月,恰合"十九年七闰"。又,两次日南至之间的天数为809个甲子

周期又 38 日，即 48 578 日，合一年为 $365\frac{33}{133}$日。为简便起见取尾数为四分之一。凡以这个数字($365\frac{1}{4}$日)为回归年(见年)长度的历法，就叫做“四分历”。在汉武帝改历以前所行用的古代 6 种历法(黄帝历、颛顼历、夏历、殷历、周历、鲁历)都是四分历；之所以有不同的名称，或因行用的地区不同，或因采用的岁首不同；名称并不代表时间的先后，它们大概都是战国时期创制的。因为战国时期的四分历采用一年为 $365\frac{1}{4}$日，而太阳一年在天球上移动一周(实际上是地球运动的反映)，所以，中国古代也就规定圆周为 $365\frac{1}{4}$度，太阳每天移动一度。这个规定构成中国古代天文学体系的一个特点。

随着观测资料的积累，战国时期已有天文学的专门著作，齐国的甘公(甘德)著有《天文星占》八卷，魏国的石申著有《天文》八卷。这些书虽然都属于占星术的东西，但其中也包含着关于行星运行和恒星位置的知识，所谓“石氏星经”即来源于此。

春秋战国时代，各诸侯国都在自己的王公即位之初改变年号，因此各国纪年不统一。这对各诸侯国的政治、经济、文化交流十分不便。于是有人设计出一种只同天象联系，而与人间社会变迁无关的纪年方法，这就是岁星纪年法。岁星，即木星。古人认为它的恒星周期是 12 年。因此，若将黄、赤道带分成 12 个部分，称为 12 次，则木星每年行经一次。这样，就可以用木星每年行经的星次来纪年。岁星纪年法后来不断演变，到汉以后就发展成为干支纪年法。

战国时代(前 476～前 221)的巨大社会变革和百家争鸣的局面，促进了天文学理论的发展。宋钘尹文学派(前 4 世纪)关于气是万物本原的观念，后来影响到天文学理论的许多方面。《庄子·天运》和《楚辞·天问》提出一系列问题，而且问得很深刻。例如，宇宙的结构怎样？天地是怎样形成的？为了回答第一个问题，出现了盖天说，先是认为“天圆如张盖，地方如棋局”，后来又改进成为“天似盖笠，地法覆槃”(《晋书·天文志》)。

关于第二个问题，从老子《道德经》和屈原《天问》中所述及的内容来看，大概在战国时代已有了回答。但是，明确而全面的记载则始见于汉代的《淮南子》(约成书于前 140 年)。《淮南子·天文训》一开头就讲天地的起源和演化问题，认为天地未分以前，混混沌沌；既分之后，轻清者上升为天，重浊者凝结为地；天为阳气，地为阴气，二气相互作用，产生万物。《淮南子》这部著作，不但汇集了中国上古天文学的大量知识，而且树立了一个榜样，第一次把天文学作为一个重要知识部门，专立了一章来叙述，把乐律和计量标准附在其中。它对后来的著作有一定影响。

战国以后，与农业生产有密切关系的二十四节气也在逐步形成，它们的完整名称也始见于《淮南子》。二十四节气，简称“气”，这是中国古代历法的阳历成分。而“朔”则是中国古代历法的阴历成分。气和朔相配合，构成中国传统的阴阳历。

秦统一中国以后，在全国颁行统一的历法——颛顼历。颛顼历行用夏正，以十月为岁首，岁终置闰。以甲寅年正月甲寅朔旦立春为历元，在历元这一天日月五星同时晨出东方。汉承秦制，用颛顼历，一直沿用到太初年间。汉武帝于元封七年(前 104)五月颁行邓平。落下闳等人创制的新历，改此年为太初元年。新历因而被后人称为“太初历”。“太初历”是中国第一部有完整文字记载的历法，它的朔望月和回归年的数据虽不比四分历精确，但有以下显著进步：(1) 以正月为岁首，以没有中气的月份为闰月，使月份与季节配合得更合理；(2) 将行星的会合周期测得很准，如水星为 115.87 日，比今测值 115.88 日只小 0.01 日；(3) 采用 135 个月的交食周期。一周期中太阳通过黄白交点 23 次，两次为一食年，即 1 食年＝346.66 日，比今测

值 346.62 日大不到 0.04 日。

由于太初历的回归年和朔望月的数值偏大，太初历用了 188 年以后，长期积累的误差就很可观，于是在东汉元和二年（85 年）又改用四分历，这时使用的回归年长度虽和古代的四分历相同，仍为 365 $\frac{1}{4}$ 日，但在其他方面，则大为进步。在讨论四分历期间，贾逵大力宣传民间天文学家傅安从黄道来测定二十八宿的距度和日月的运行的作法，决然地把冬至点从古四分历的牵牛初度移到斗 21 $\frac{1}{4}$ 度，这是虞喜发现岁差的前导。贾逵还确证月球运动的速度是不均匀的。月球的近地点移动很快，每月移动三度多。为了表示这种变化，他提出“九道术”，企图用九条月道来表示这种运动（这样做与五行观念有关）。

东汉末年，刘洪在乾象历（206 年创制）中第一次把回归年的尾数降到 1/4 以下，成为 365.246 2 日，并且确定了黄白交角和月球在一个近点月内每日的实行度数，使朔望和日月食的计算都前进了一大步。乾象历还是第一部传世的载有定朔算法的历法。

东汉时代（25—220），中国出现了一位多才多艺的科学家，那就是张衡。他以发明候风地动仪闻名于世。在天文学方面，他是浑天说的代表人物，主张“天圆如弹丸，地如卵中黄”；并且在耿寿昌所发明的浑象的基础上，制成漏水转浑天仪，演示他的学说，成为中国水运仪象传统的始祖。

除了盖天说和浑天说以外，比张衡略早的郗萌还提出他先师宣传的宣夜说，这个学说认为并没有一个硬壳式的天，宇宙是无限的，空间到处有气存在，天体都漂浮在气中，它们的运动也是受气制约的。

两汉时期对天象观察的细致和精密程度，令人十分惊叹。1973 年在湖南长沙三号汉墓出土的帛书中有关于行星的《五星占》8 000 字和 29 幅彗星图。前者列有金星、木星和土星在 70 年间的位置，后者的画法显示了当时已观测到彗头、彗核和彗尾，而彗头和彗尾还有不同的类型。《汉书·五行志》记载征和四年（前 89）的日食，有太阳的视位置，有食分，有初亏和复圆时刻，有亏、复方位，非常具体；而河平元年（前 28）三月关于日面黑子的记载，则是全世界最早的纪录。《汉书·天文志》说：“元光元年六月，客星见于房”，这正是希腊天文学家喜帕恰斯所见到的新星，但喜帕恰斯没有留下关于时间和方位的记载。自汉代以来关于奇异天象纪录的详细和丰富，构成中国古代天文学体系的又一特色。

总之，到汉代为止，中国古代天文学的各项内容大体均已完备，一个富有特色的体系已经建立起来。

繁荣发展时期：从三国到五代（220—960）

这是中国古代天文学在体系形成之后，继续向前顺利发展的阶段，在历法、仪器、宇宙理论等方面都有不少的创新。

三国（220—280）时魏国杨伟创制景初历（237）发现黄白交点有移动；知交食之起不一定在交点，凡在食限以内都可以发生；又发明推算日月食食分和初亏方位角的方法。这些发现，对于推算日月食有很大帮助。吴国陈卓把战国秦汉以来石氏、甘氏、巫咸三家所命名的星官（相当于星座）总括成一个体系，共计 283 星官，1 464 星，并著录于图。陈卓的星官体系沿用了 1 000多年，直到明末以后才有新的发展。葛衡在浑象的基础上发明浑天象，它是今日天象仪的祖先。浑天象是在浑象的中心，放一块平板或小圆球来代表地，当天球（浑象）绕轴旋转时，地在中央不动，这就更形象地表现了浑天说。

后秦姜岌造三纪甲子元历(384),以月食来求太阳的位置所在,从而提高了观测的准确性。他又发现,日出日落时光呈暗红色是地面游气的作用;天顶游气少,故中午时光耀色白,这是对大气选择吸收认识的开端。

北凉赵敺的元始历(412年),首次打破19年7闰的框框,提出600年中设221个闰月的新闰周,从而在不降低朔望月数值精确性的情况下,提高了回归年数值的精确性。

东晋虞喜发现岁差,南朝祖冲之把它引进历法,将恒星年与回归年区别开来,这是一大进步。祖冲之测定一个交点月的日数为27.212 23,同今测值只差十万分之一,堪称精确。

祖冲之之前的何承天在长期观测的基础上利用调日法求得更精密的朔望月数值,这在方法上是一改进。所谓调日法,即用某数的过剩分数近似值(强率)和不足分数近似值(弱率)来求更精确的分数近似值。

祖冲之之子祖暅继承父业,也精于天文。他发现过去人们当做北极星的"纽星"已去极一度有余,从而证明天球北极常在移动,古今极星不同。

北齐(550—577)张子信,致力于天文观测30多年,发现太阳和行星的运动也不均匀;合朔时月在黄道南或黄道北会影响到日食是否发生,而月食则没有这一现象。张子信的这些发现导致隋唐时期天文学的飞跃发展。

隋(581—618)统一全国以后,首先使用的是张宾的开皇历(584)。但开皇历粗疏简陋,经过激烈争论后,从开皇十七年(597)起改用张胄玄的历法。这部历法又于大业四年(608)修改,故名大业历。大业历考虑到张子信关于行星运动不均匀性的发现,利用等差级数求和的办法来编制一个会合周期中的行星位置表,对行星运行的计算又提高了一步。

在大业历行用过程(597—618)中,刘焯于604年完成皇极历,用等间距二次差内插法来处理日、月的不均匀运动,成为中国天文学的一个特点。刘焯还建议,发动一次大规模的大地测量来否定"日影千里差一寸"的传统说法,对这种说法何承天早已表示怀疑。但由于隋炀帝的穷奢极欲,腐朽昏庸,刘焯的合理建议连同他的皇极历都未被接受。

唐(618—907)建立了强大的封建帝国,出现了贞观、开元之治的兴盛局面,为天文学大发展创造了良好的条件。

贞观七年(633年),李淳风制成浑天黄道仪,把中国观测用的浑仪发展到极为复杂的程度,在过去的固定环组(六合仪)和可运转的环组(四游仪)之间,又加了一个三辰仪,三辰仪由相互交错的三个圆环(白道环、黄道环、赤道环)组成。这样,在观测时就可以从仪器上直接读出天体的赤道坐标、黄道坐标和白道坐标三种数据。

李淳风在皇极历的基础上,制成麟德历,于唐高宗麟德二年(665)颁行。麟德历采用定朔安排日用历谱,即不但在计算日月食时要考虑日月运行不均匀性的问题,而且在安排日历时也考虑进去。这个办法,何承天早已提出,但由于习惯势力的阻挠,经过200多年的斗争,至此才取得胜利。麟德历还废除了闰周,完全依靠观测和统计来求得回归年和朔望月的精密数据。

现在英国伦敦博物馆保存的敦煌卷子中有一卷星图,也可能与李淳风有关,因为在星图的前面,还有48条气象杂占,每条都是上图下文,在第十五条下有"臣淳风言"。

开元十三年(725),一行和梁令瓒改进了张衡的水运浑象。他们把浑象放在木柜子里,一半露在外面,一半藏在柜内,在柜面上有两个木人分立在浑象两旁,一个每刻击鼓,一个每辰(2小时)敲钟,按时自动。这可以说是最早的自鸣钟,它的名字叫"开元水运浑天俯视图"。在此以前,他们还造了一架黄道游仪。这是在李淳风浑天黄道仪的基础上,把三辰仪中的赤道环打了孔,使黄道可以沿赤道移动,以改正岁差。一行利用这架仪器,观测了150多颗恒星的位置,

发现前代星图、星表和浑象上所载的恒星位置有很大变化。一行对此未作解释。现在知道,这些变化主要是由岁差引起的。

与此同时,一行又命大相元太和南宫说等人分别到11个地方测量北极的地平高度和春分、秋分、夏至、冬至日正午时八尺圭表的日影长度。南宫说在河南的滑县、开封、扶沟、上蔡4个地方不但测量了日影长度和北极高度,并且在地面上测量了这4个地方的距离,结果发现,从滑县到上蔡的距离是526.9唐里,但夏至时日影已差2.1寸。这一实际测量的结果彻底推翻了"日影千里差一寸"的传统说法。不仅如此,一行又把南宫说和其他人在别的地方观测的结果相比较,进一步发现,影差和南北距离的关系根本不是成比例的。于是他改用北极高度(实际上即地理纬度)的差计算出,地上南北相去351.27唐里(约129.22千米),北极高度相差一度。这个数值虽然误差很大,却是世界上第一次子午线实测。

更重要的是一行从方法论上批判了前人计算天的大小的错误。他质问:"宇宙之广,岂若是乎?"刹住了计算宇宙大小的风气,并使柳宗元受到了影响。柳宗元在和刘禹锡的通信中曾经讨论过一行的工作。柳宗元把宇宙无限论推向新的高峰,他认为宇宙既没有边,也没有中心,"无青无黄,无赤无黑,无中无旁,乌际乎天则!"(《天对》)也就是说,天既没有青、黄、赤、黑各种颜色之分,也没有中心和边缘之别,怎么能把它划分成几部分呢?

柳宗元不但深刻地揭示了宇宙无限性,而且明确地指出:"天地之无倪,阴阳之无穷,以澒洞轇轕乎其中,或会或离,或吸或吹,如轮如机。"(《非国语·三川震》)说明在无限的宇宙中,矛盾变化是无穷的,阴阳二气时而合在一起,时而又分离开来,有时互相吸引,有时互相排斥,就像旋转着的车轮或机械,时刻不停。如恩格斯所说:"一切运动的基本形式都是接近和分离、收缩和膨胀,——一句话,是吸引和排斥这一古老的两极对立。"(恩格斯《自然辩证法》,第55页,人民出版社1971年版)

在大规模观测的基础上,一行于开元十五年完成大衍历初稿,去世后,由其继承者于次年定稿。大衍历以定气编太阳运动表,即以太阳在一个回归年内所行度数,平分为24等分,太阳每到一个分点为一个节气,两个节气之间的时间是不等的。为了处理这个问题,一行发明了不等间距二次差内插法。在计算行星的不均匀运动时,大衍历使用了具有正弦函数性质的表格和含有三次差的近似的内插公式。大衍历把全部计算项目归纳成《步中朔》等7篇,成为后代历法的典范。

唐代后期和五代(907—960)时期的历法,值得一提的有长庆二年(822)颁行的宣明历和建中年间(780—783)流行于民间的符天历。徐昂的宣明历在日食计算方面提出时差、气差、刻差三项改正,把因月亮周日视差而引起的改正项计算更向前推进一步。曹士蒍的符天历废除上元积年,以一万为天文数据奇零部分的分母,这两项改革大大简化了历法的计算步骤,正是这个历法在民间受到欢迎的主要原因。但它被统治阶级视为"小历",不予采用。后晋天福四年(939)颁行的调元历,不采用上元积年,用了5年(939—943),后在辽又用了48年(947—994)。直到元朝的授时历(1280),才完全实现了这两大改革。

由鼎盛到衰落:从宋初到明末(960—1600年)

唐末的藩镇割据和五代十国的混乱局面,以宋的统一而告结束。中国的封建经济在宋代(960—1279)得到进一步的发展。生产的发展又大大地推动了科学的前进,被马克思誉为"最伟大的发明"的火药、印刷术和指南针,就是中国人在宋代完成的。作为自然科学之一的天文学在这一时期也取得了许多重要成就。

关于1006年和1054年的超新星的出现，特别是1054年（宋仁宗至和元年）的超新星纪录，成为当代天文学研究中极受重视的资料。在这颗超新星出现的位置上，现在遗留有一个蟹状星云。这是当代最感兴趣的研究对象之一。

这一时期先后进行过五次恒星位置测量：第一次在大中祥符三年（1010），第二次在景祐年间（1034—1038），第三次在皇祐年间（1049—1053），第四次在元丰年间（1078—1085），第五次在崇宁年间（1102—1106）。其中元丰年间的观测结果被绘成星图，刻在石碑上保存下来，这就是著名的苏州石刻天文图。

元丰年间的观测结果，同时也以星图的形式保存在苏颂著的《新仪象法要》中。《新仪象法要》是为元祐七年（1092）制造的水运仪象台而写的说明书，它不但叙述了150多种机械零件，而且还有60多幅图，是研究古代仪器的极好资料。

苏颂和韩公廉在完成水运仪象台以后，又制造了一架浑天象，其天球直径大于人的身高，人可以进入内部观看。在球面上按照各恒星的位置穿了一个个小孔，人在里面看到点点光亮，仿佛天上的星辰一般。今人把这种仪器也称为假天仪，它是现代天文馆中星空演示的先驱。

与苏颂同时代的沈括在天文学上也有重要贡献。熙宁七年（1074）他在制造浑仪时省去了白道环，改用计算来求月亮的白道坐标，这是中国浑仪由复杂走向简化的开始。沈括还用缩小窥管下端孔径的办法来限制人目挪动的范围，以减少照准误差；又用观测北极星位置的方法来校正浑仪极轴的安装方向。他在漏壶方面也有改进，并且从理论上研究了漏壶在不同季节水流速度不等的问题，提出了一个相当于真太阳日和平太阳日长度之差的问题。更重要的是沈括在历法上独树一帜，提出十二气历，“直以立春之一日为孟春之一日，惊蛰为仲春之一日，大尽三十一日，小尽三十日；岁岁齐尽，永无闰月”。（《梦溪笔谈·补笔谈》卷二）这实际上是一种阳历，由于传统习惯，这个历法未能实行。

在宋代300多年间实行过的历法有18种，其中比较有创造性的是北宋姚舜辅的纪元历（1107）和南宋杨忠辅的统天历（1199）。纪元历首创利用观测金星来定太阳位置的方法；统天历确定的回归年数值为365.242 5日，和现行公历平均历年完全一样，但比公历（1582）的颁行早383年。统天历还提出回归年的长度在变化，它的数值古大今小。

宋代的思想家对自然现象有较多的讨论。在天文学方面讨论得较多的是天体的运行和天体的形成问题。其中较有代表性的人物是张载和朱熹。

张载提出，一年中间昼夜长短的变化，是阴阳二气的升降使大地升降所致；一日中间天体的东升西落，是大地乘气左旋的结果。张载并且认为空间和时间是物质存在的形式，宇宙到处充满了气。“气不能不聚而为万物，万物不能不散入大虚。循是出入，是皆不得已而然也。”（《正蒙·太和篇》）

朱熹虽然主张宇宙循环论，但对于具体天地（相当于太阳系）的形成过程则有完整的见解。他从旋涡水流把物体卷入旋涡中心的现象出发，认为“天地初间只是阴阳之气。这一个气运行，磨来磨去，磨得急了，便拶（zā）许多渣滓，里面无处出，便结成个地在中央。气之清者便为天，为日月，为星辰，只在外，常周环运转；地便只在中央不动，不是在下。”（《朱子语类》卷一）在今天看来，这个学说自然有很多错误，但比起朱熹以前的天体演化思想来却前进了一步。

1276年元军攻下南宋都城临安（今杭州）以后，忽必烈把金、宋两个司天监的人员集中到大都（今北京），再加上新选拔的一些人才，组成了一支强大的天文队伍。这支队伍在王恂、郭守敬主持下，从事制造仪器，进行测量和编制新历，在短短的5年时间（1276—1280）中取得了极大的成就，将中国古代天文学推向新的高峰。

第一，制造了多种新仪器，其中简仪、仰仪、高表、景符、正方案和玲珑仪等都具有新意。简仪是对浑仪进行革命性改革而成的，它的设计和制造水平在世界上领先300多年，直至1598年著名天文学家第谷发明的仪器才能与之相比。仰仪是用针孔成像原理，把太阳投影在半球形的仪面上，以直接读出它的球面坐标值。高表是把传统的八尺表加高到四丈，使得在同样的量度精度下，误差减少到原来的五分之一。景符是高表的辅助仪器，它利用针孔成像的原理来消除高表影端模糊的缺点，提高观测精度。正方案是在一块四尺见方的木板上画19个同心圆，圆心立一根表，当表的影端落到某个圆上时就记下来，从早到晚记完后把同一个圆上的两点连接起来，它们的中点和圆心的连线就是正南北方向；如果把它侧立过来，还可以测量北极出地高度。这是一种便于携带到野外工作的仪器。玲珑仪和苏颂、韩公廉所造的浑天象相似，是一种可容人在内部观看的表演仪器。1281年以后，郭守敬还创制了不少新仪器，其中大明殿灯漏是最突出的一项。它是一个外形像灯笼球，用水力推动机械的报时器。上面还布置有能按时跳跃的动物模型，这同欧洲在机械钟表上附加的种种表演机械是一样性质的。

第二，进行了一次空前规模的观测工作，在全国27个地方设立观测所，测量当地的地理纬度，并在南起南海（北纬15度），北至北海（北纬65度），每隔10度设立一个观测站，测量夏至日影的长度和当天昼夜的长短。

第三，对一系列天文数据进行实测，并对旧的数据进行检核，选用其中精密的数据。例如，回归年数值取自南宋统天历（1199年），朔望月、近点月和交点月的数值取自金赵知微重修的大明历（1181年）和元初耶律楚材《西征庚午元历》。对于二十八宿距度的测量，其平均误差不到5′，精确度较宋代提高一倍。新测黄赤交角值，误差只有1′多。

第四，在大量观测和研究的基础上，于至元十七年（1280）编成授时历，并于次年起实行。授时历用三次差内插法来求太阳每日在黄道上的视运行速度和月亮每日绕地球运行的速度，用类似球面三角的弧矢割圆术，由太阳的黄经求它的赤经赤纬，求白赤交角，以及求白赤交点与黄赤交点的距离。这两种方法在天文学史和数学史上都具有重要地位。

授时历从元代一直用到明亡（1644）。在明代把它改名为大统历，但方法上只是把北京所见的日出日没时刻改为南京所见的时刻，以洪武十七年（1384）为历元，省去了回归年百年消长之法等，其他都无改变。

元明两代除通用的授时历以外，在中国少数民族中间还流行一种从阿拉伯国家传来的《回历》。至元四年（1267），西域天文学家札马鲁丁进呈万年历，忽必烈曾颁行过。同时，札马鲁丁负责制造7件阿拉伯天文仪器，其中包括托勒密式的黄道浑仪、长尺，以及地球仪和星盘。至元八年（1271）设立回回司天台于上都（今内蒙古自治区正蓝旗境内），每年颁行回回历书。元亡明兴，将回回司天监人员迁至京师，在钦天监内设回回科，计算天象，颁布历书，与大统历进行比较，同时还翻译了一些天文书籍。

明洪武十五年，政府令吴伯宗、李翀和海达尔、阿答兀丁、马沙亦黑、马哈麻等合译波斯人阔识牙耳的《天文宝书》四卷，次年二月译成。书中说星分六体，这是星等概念在中国的初次出现，列有12个星座共30颗星的星等和黄经。成化六年至十三年（1470—1477）贝琳将元统翻译的《七政推步》整理出版，这是一部系统介绍阿拉伯天文学的著作，其中包括277颗星的黄经、黄纬和星等的恒星表，这是中西星名第一次对译工作。《七政推步》中的历法部分，后经梅文鼎摘要编入《明史·历志》中，成为中国古代天文学的一个组成部分，在几个兄弟民族中一直沿用到今天。

中西天文学的融合：从明末到鸦片战争(1600—1840)

从明初到明万历年间的200年中，天文学上的主要进展有：①翻译阿拉伯天文书籍；②郑和于1405—1432年远洋航行中利用“牵星术”定位定向，发展了航海天文；③对奇异天象(例如1572年和1604年的超新星)的观测等。总的来说很少发明创造，可以认为是中国天文学发展史上的一个低潮。

明末，资本主义萌芽促使人们对科学技术产生新的要求。1595年和1610年的两次改历运动，虽然没能实现，但是改革历法的主张受到人们的重视。就在这个时候，欧洲耶稣会传教士来到中国。他们了解到中国对新知识的追求，便采取了学术传教的方针。早期来华的意大利人利玛窦(1583年来华)，曾多次向欧洲报告中国对天文学知识的兴趣和需要。在他的影响和请求下，后来来华的耶稣会士大都懂得一些天文学知识，有些甚至受过专门的训练。他们所介绍的欧洲天文学知识受到当时进步知识分子的欢迎，并加以翻译和介绍。

早期出版的有关欧洲天文学知识的著作有：《浑盖通宪图说》(1607)、《简平仪说》(1611)、《表度说》(1614)、《天问略》(1615)、《远镜说》(1626)等。这些著作多数是介绍欧洲的天文仪器。“浑盖通宪”和“简平仪”都是一种星盘，“表度”是西方的日晷，“远镜”则是伽利略式的望远镜。在《天问略》中，介绍了托勒密地心体系的十二重天和伽利略用望远镜观测到的一些崭新结果。其中除了《浑盖通宪图说》一书是李之藻自己所写之外，其他都是耶稣会士在中国学者的协助下写成的。

中国学者除参与翻译和介绍欧洲天文知识外，还向耶稣会士学习了欧洲天文学的计算方法。因此，万历三十八年(1610)，徐光启得以用西法预报这一年十一月朔(12月15日)的日食。经观测证明，这个预报比较准确，因而引起人们对西法的注意。崇祯二年五月乙酉朔(1629年6月21日)日食，钦天监的预报又发生明显错误，明朝政府决心改历，命令徐光启在北京宣武门内组成百人的历局，聘请耶稣会士邓玉函、罗雅谷、汤若望等参加编译工作，经过5年的努力，成书137卷，命名曰《崇祯历书》。《崇祯历书》与中国古代天文学体系最显著的不同是：采用第谷的宇宙体系和几何学的计算系统；引入地球和地理经纬度概念；应用球面三角学；采用欧洲通行的度量单位，分圆周为360°，分一日为96刻，24小时，度和时以下采用60进位制。

《崇祯历书》于1634年编成以后，未曾颁行。1644年清军人关以后，汤若望把这部书删改压缩成103卷，更名为《西洋新法历书》，进呈清政府。清政府任命汤若望为钦天监监正，用“西洋新法”编算下一年的民用历书，命名时宪历。从此以后，除了在康熙三年到七年(1664—1668)，因杨光先的控告，汤若望被软禁时期外，直至道光六年(1826)为止，清政府都聘用欧洲传教士主持钦天监，有时还同时任用两三个传教士。这期间钦天监做的主要工作有以下三项：

康熙八年到十二年，南怀仁(1659年来华)负责制造了6件大型第谷式古典仪器，现存北京古观象台。仪器制成后并编写了一部说明书，即《灵台仪象志》。

康熙六十一年，在修改《西洋新法历书》的基础上，编成《历象考成》一书；乾隆七年(1742)又编成《历象考成后编》10卷，第一次应用了开普勒行星运动第一、第二定律，但是，在椭圆焦点上的是地球而不是太阳。

乾隆十七年(1752)，编成《仪象考成》32卷，所列星表收星3 083颗。道光年间，传教士离开以后，中国天文工作者对《仪象考成》星表重新进行了测量，于道光二十四年(1844)编成《仪象考成续编》32卷，收星3 240颗。

清政府除组织钦天监主编这些图书以外,在康熙和乾隆年间还组织过两次大规模的测量工作。康熙四十七年到五十七年间进行的一次,在全国测量了630多个地方的经纬度,建立了以北京为中心的经纬网;决定以工部营造尺为标准,定1 800尺为1里,200里合地球经线1度。这种使长度单位与地经线1度的弧长联系起来的方法,在世界上是一个创举,比法国制宪会议关于以地球经圈的四千万分之一弧长为1米的决定早80年。在这次测量中还发现,38°~39°之间每度的弧长较41°~47°之间每度的弧长短,6°内就相差258尺;就是在41°~47°之间,每度弧长的里数也不相同。这是世界上第一次通过实地测量获得的地球为椭球体的资料。

在清代,还有一批民间天文学家,他们采取严肃的治学态度,无论是对于古代的东西,还是外国的东西,都细心钻研,有所批判,有所发展,在中西天文学的融合上做出了应有的贡献。其中著名的有薛凤祚、王锡阐、梅文鼎。薛凤祚在翻译西方天文学著作的基础上,著有《历学会通》等10余种书,除介绍一般理论外,还系统地、详尽地介绍了各种计算天体运动的方法,其特点是运用了对数。为了计算方便,他把60进位制改成10进位制,并为此重新编出三角函数等数学用表。王锡阐与同时代的薛凤祚有"南王北薛"之称,但王的成就比薛要大,他著有《晓庵新法》和《五星行度解》。在前一书中他提出金星凌日的计算方法并改进了日月食的计算方法;在后一书中推导出一组计算行星位置的公式,计算结果准确度较前为高。梅文鼎著述较多,在普及天文知识方面很有贡献。他和江永等人在研究行星运动的过程中萌发了引力的思想,江永说得尤为清楚:"五星皆以日为心,如磁石之引针。"(《翼梅》卷五)

梅文鼎以后的乾嘉学者,在天文学方面的主要贡献是运用当时的天文知识对经书和史书中的天文资料进行训诂、校勘、辨伪、辑佚等考据工作,使许多疑难混乱的资料得到一番清理。其中重要的有李锐对汉代三统历、四分历和乾象历进行的研究;顾观光对古六历和《周髀算经》进行的研究。此外,阮元等编撰了《畴人传》,汪曰祯著有《历代长术辑要》。这些都是有益于天文学史研究的工具书。

近代现代天文学的发展:从鸦片战争到现在(1840—1979)

1543年哥白尼《天体运行论》一书出版,标志着近代天文学的开端。这部书被早期来华的传教士带到中国,但是,书中的重要内容却未向中国学者介绍。直到200多年后,才由法国耶稣会士蒋友仁(1744年来华)把哥白尼的学说传入中国。他在1760年向乾隆皇帝献《坤舆全图》。在图四周的说明文字中,他肯定了哥白尼学说是惟一正确的理论,并介绍了开普勒定律和地球为椭球体的事实。但是,这幅《坤舆全图》连同在此之前不久传入的表演哥白尼学说的两架仪器,都被锁在深宫密室之中。中国人民真正了解哥白尼学说的伟大意义和近代天文学的面貌,则是在1859年李善兰与英国伟烈亚力(1847年来华)合译《谈天》以后。

《谈天》原名《天文学纲要》(Outlines of Astronomy),是英国天文学家J.F.赫歇耳的一本通俗名著。全书共18卷,不仅对太阳系的结构和运动有比较详细的叙述,而且介绍了有关恒星系统的一些内容。特别值得提到的是,李善兰为这个中译本写了一篇战斗性很强的序言,批判了反对哥白尼学说的种种谬论,声称"余与伟烈君所译《谈天》一书,皆主地动及椭圆立说,此二者之故不明,则此书不能读。"

但是,近代天文学的发展与古代不同,它需要精密的仪器和昂贵的设备。这些基本的物质条件,非一般学者个人所能置备,作为封建官僚机构的钦天监,又对接受新思想和引进新技术毫无兴趣,因此,近代天文学知识(例如康德和拉普拉斯星云说)传入的初期,只是为资产阶级的变法维新和旧民主主义革命提供了思想武器,在天文学的研究上却并未发挥作用。

最先在中国设立近代天文机构的是帝国主义列强。1873年,法国在上海建立了徐家汇天文台;1900年,在佘山建立了另一个天文台。1894年日本帝国主义侵入台湾,在台北建立测候所。1900年德国在青岛设立气象天测所。这些机构都是列强侵华的工具,主要是为他们的军舰在中国沿海活动提供气象情报。

帝国主义者还把中国仅有的少量天文设备洗劫一空。1900年八国联军侵入北京以后,法、德两国军队把清朝钦天监的仪器全部劫走。法国劫走的5件仪器,运到法国大使馆内,由于中国人民的强烈反对,于第三年送回;德军抢走的5件,则运到柏林,直到第一次世界大战后,根据凡尔赛和约,才于1921年归还中国。经过这样一场浩劫,清政府的天文机构,已经奄奄一息。

1911年辛亥革命以后,中国于1912年起采用世界通用的公历,但用中华民国纪年。当时的北洋政府将钦天监更名为中央观象台。中央观象台的工作只是编日历和编《观象岁书》(即天文年历)。

1919年"五四"运动以后,随着科学与民主思潮的发展,中国天文学界开始活跃起来。1922年10月30日,中国天文学会在北京正式成立,选举高鲁为会长,秦汾为副会长。该会于1924年创刊《中国天文学会会报》,1930年改名为《宇宙》,一直出版到1949年。1924年中国政府接管了原由德国建立、后被日本占领的青岛气象天测所,改名为青岛观象台。1926年广州中山大学数学系扩充成为数天系,于1929年建立天文台,1947年成立天文系。1928年春,在南京成立天文研究所,1934年建成了紫金山天文台。该台建成后,原在北京的中央观象台即改为天文陈列馆。抗日战争开始后,紫金山天文台于1938年迁往昆明,在凤凰山建立观测站。在八年抗日战争期间,上述天文机构遭到严重破坏。抗日战争胜利后,也没有很快恢复。

中华人民共和国成立后,中国科学院接管了原有的各天文机构,进行了调整和充实:将佘山观象台和徐家汇天文台先划归紫金山天文台领导,后合为独立的上海天文台;将昆明凤凰山观测站划归紫金山天文台领导。1958年开始,在北京建立了以天体物理研究为主的综合性天文台——北京天文台。1966年起,建立了以时间频率及其应用研究为主的陕西天文台;1975年起,把昆明凤凰山观测站扩建成大型综合性的云南天文台。1958年在南京建立了南京天文仪器厂,1974年研制成功Ⅱ型光电等高仪,各项技术指标已达到世界先进水平,目前正在制造2.16米的反射望远镜。

在天文教育方面,1952年广州中山大学的天文系和济南齐鲁大学天算系(成立于1880年)中的天文部分集中到南京,成为南京大学天文系。1960年北京师范大学设天文系。同年北京大学地球物理系设天文专业。

1957年1月,中国科学院成立中国自然科学史研究室(1973年扩大为自然科学史研究所),内设天文史组,专门研究中国天文学遗产。

1957年建成北京天文馆,在普及天文知识方面起着重要作用。

为了繁荣和推进天文科学,中国天文学会于1953年开始出版《天文学报》。北京天文馆于1958年创办《天文爱好者》月刊,大力传播天文科学知识。

30年来,中国从无到有地建立了射电天文学、理论天体物理学和高能天体物理学以及空间天文学等学科,填补了天文年历编算、天文仪器制造等空白,组织起自己的时间服务系统、纬度和极移服务系统,在诸如世界时测定、光电等高仪制造、人造卫星轨道计算、恒星和太阳的观测与理论、某些理论和高能天体物理学的课题以及天文学史的研究等方面取得了不少重要的成果。

参 考 文 献

朱文鑫著.天文考古录.上海:商务印书馆,1933.

朱文鑫著.历法通志.上海:商务印书馆,1934.

陈遵妫著.中国古代天文学简史.上海:上海人民出版社,1955.

郑文光、席泽宗.中国历史上的宇宙理论.北京:人民出版社,1975.

中国天文学史文集.北京:科学出版社,1978.

《科技史文集(一):天文学史专辑》,上海:上海科学技术出版社,1978.

李约瑟著.中国科学技术史:卷四.北京:科学出版社,1975.

J. Needham. *Science and Civilisation in China*, Vol. Ⅲ. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1959. 171—494

薮内清.中国の天文历法.东京:平凡社,1969.

中国历法表

序号	历　名	创制者	制定年(公元)	行用年(公元)	刊载文献	特　点
1 2 3 4 5 6	黄帝历 颛顼历 夏　历 殷　历 周　历 鲁　历 ①		战国时期	战国时期,惟颛顼历一直用到公元前104年汉武帝改历为止	《汉书·律历志》《开元占经》	皆以 $365\frac{1}{4}$ 日为一回归年,故又称"四分历",以 $29\frac{499}{940}$ 日为一朔望月,在19年中设7个闰月。但各历所用上元和岁首不同
7	太初历(三统历)	(汉)邓平、落下闳	前104	前104—84	《汉书·律历志》	以冬至所在之月为十一月,以正月为岁首,以没有中气的月份为闰月,以135个月为交食周期
8	四分历	(东汉)李梵、编䜣	85	85—263	《后汉书·律历志》	测定了二十八宿的黄道距度;将冬至点由牵牛初度移到斗 $21\frac{1}{4}$ 度
9	乾象历	(东汉)刘洪	206	223—280	《晋书·律历志》	把回归年的尾数降到1/4以下,成为365.246 2日;提出了定朔算法;提出了日月食限的概念
10	黄初历	(魏)韩翊	220	未　用		所定朔望月最准,为29.530 591日
11	太和历	(魏)高堂隆	227	未　用		
12	景初历(太始历、永初历)	(魏)杨伟	237	237—451	《晋书·律历志》《宋书·历志》	提出推算日食食分和亏起方位的方法
13	正　历	(晋)刘智	274	未　用	已失传	
14	乾度历	(晋)李修、卜显依	277	未　用		
15	永和历	(晋)王朔之	352	未　用		

①从黄帝历至鲁历合称"古六历"。

续 表

序号	历 名	创制者	制定年（公元）	行用年（公元）	刊载文献	特 点
16	三纪甲子元 历	（后秦）姜岌	384	384—517	《晋书·律历志》	首创以月食位置推算太阳位置法
17	元始历	（北凉）赵歐	412	412—439；452—522		设600年中有221个闰月
18	五寅元历	（北魏）崔浩	440	未 用	《北史·崔浩传》	
19	元嘉历（建元历）	（宋）何承天	443	445—509	《宋书·律历志》	创调日法
20	大明历	（宋）祖冲之	463	510—589	（同上）	将岁差引入历法计算
21	景明历	（北魏）公孙崇	500	未 用	《魏书·律历志》	
22	神龟历	（北魏）崔光	518	未 用	（同上）	
23	正光历	（北魏）李业兴	521	523—565	（同上）	
24	兴和历	（东魏）李业兴	540	540—550	（同上）	
25	大同历	（梁）虞邝	544	未 用	《隋书·律历志》	
26	九宫行棊历	（东魏）李业兴	547	未 用		
27	天保历	（北齐）宋景业	550	551—577		
28	灵宪历	（北齐）信都芳			《北齐书·方技传》	
29	天和历	（北周）甄鸾	566	566—578		
30	孝孙历	（北齐）刘孝孙	576	未 用		
31	甲寅元历	（北齐）董峻、郑元伟	576	未 用	《隋书·律历志》	
32	孟宾历	（北齐）张孟宾	576	未 用	（同上）	
33	大象历	（北周）马显	579	579—583	（同上）	
34	开皇历	（隋）张宾	584	584—596	（同上）	
35	皇极历	（隋）刘焯	604	未 用	《隋书·律历志》	用等间距二次差内插法来处理日、月运动的不均匀性
36	大业历	（隋）张胄玄	597	597—618	（同上）	用等差级数求和方法编行星位置表
37	戊寅元历	（唐）傅仁均、崔善为	619	619—664	《旧唐书·历志》《新唐书·历志》	用定朔安排日用历谱；废闰周
38	麟德历	（唐）李淳风	665	665—728	（同上）	
39	经纬历	（唐）瞿昙罗		未 用		
40	光宅历	（同上）	698	未 用		

续　表

序号	历　名	创制者	制定年(公元)	行用年(公元)	刊载文献	特　　点
41	神龙历	(唐)南宫说	705	未　用	《旧唐书·历志》	
42	九执历	(唐)瞿昙悉达	718	未　用	《开元占经》	译自印度历法
43	大衍历	(唐)一行	728	729—761	《旧唐书·历志》《新唐书·历志》	用定气编排太阳运行表，创不等间距二次差内插法
44	至德历	(唐)韩颖	758	758—762	《新唐书·历志》	
45	五纪历	(唐)郭献之	762	762—783	(同上)	
46	符天历	(唐)曹士蒍	780—783	行于民间，直至宋代	《新五代史·司天考》	以雨水为气首，以一万为天文数据的共同分母，废除上元积年
47	正元历	(唐)徐承嗣	783	784—806	《新唐书·历志》	
48	观象历	(唐)徐昂	807	807—821	(同上)	
49	宣明历	(同上)	822	822—892	(同上)	创日食三差(时差、气差、刻差)法
50	崇玄历	(唐)边冈	893	893—938	(同上)	
51	永昌历	(前蜀)胡秀林	909	909—911	《通鉴目录》	
52	正象历	(同上)	912	912—925	(同上)	
53	调元历	(后晋)马重绩	937	939—943；947—994		
54	中正历	(南唐)陈成勋	940	940—950		
55	齐政历	(南唐)	950	950—975		
56	明玄历	(后周)王处讷	952	未　用		
57	钦天历	(后周)王朴	956	956—963	《旧五代史·历志》《新五代史·司天考》	在计算行星位置时用了等加速度的公式
58	应天历	(宋)王处讷	963	964—982	《宋史·律历志》	每夜分五更，每更分五点，更点制自此始
59	乾元历	(宋)吴昭素	981	983—1000	(同上)	
60	大明历	(辽)贾俊	994	995—1125；1123—1136	《辽史·历象志》错录祖冲之大明历	
61	至道历	(宋)王睿	995	未　用		
62	仪天历	(宋)史序	1001	1001—1023	《宋史·律历志》	

续　表

序号	历　名	创制者	制定年(公元)	行用年(公元)	刊载文献	特　　点
63	乾兴历	(宋)张奎	1022	未　用		
64	崇天历	(宋)宋行古	1024	1024—1064; 1068—1074	《宋史·律历志》	
65	明天历	(宋)周琮	1064	1065—1067	(同上)	对历代历法有一较好的总结
66	奉元历	(宋)卫朴	1074	1075—1093	李锐补修《奉元术》	
67	十二气历	(宋)沈括	1086	未　用	《梦溪笔谈》	纯阳历
68	观天历	(宋)皇居卿	1092	1094—1102	《宋史·律历志》	
69	占天历	(宋)姚舜辅	1103	1103—1105	李锐补修《占天术》	
70	纪元历	(同上)	1106	1106—1127; 1133—1135	《宋史·律历志》	首创利用观测金星来定太阳位置法
71	大明历	(金)杨级	1127	1137—1181		
72	统元历	(南宋)陈德一	1135	1136—1167	《宋史·律历志》	
73	乾道历	(南宋)刘孝荣	1167	1168—1176	(同上)	
74	淳熙历	(同上)	1176	1177—1190	(同上)	
75	重修大明历	(金)赵知微	1181	1181—1234; 1215—1280	《金史·历志》	月亮的各种周期值和黄赤交角值都很准确
76	乙未元历	(金)耶律履	1181	未　用	(同上)	
77	五星再聚历	(南宋)石万	1187	未　用		
78	会元历	(南宋)刘孝荣	1191	1191—1198	《宋史·律历志》	
79	统天历	(南宋)杨忠辅	1199	1199—1207	(同上)	回归年数值最准确,并且认为回归年长度在变化,古大今小
80	开禧历	(南宋)鲍澣之	1207	1208—1251	(同上)	
81	西征庚午元历	(元)耶律楚材	1220	未　用	《元史·历志》	创里差法(类似"时区")
82	淳祐历	(南宋)李德卿	1250	1252		

续 表

序号	历　名	创制者	制定年（公元）	行用年（公元）	刊载文献	特　　点
83	会天历	（南宋）谭玉	1253	1253—1270		
84	万年历	（元）札马鲁丁	1267	行于几个少数民族中间		可能即后来的回历
85	成天历	（南宋）陈鼎	1271	1271—1276	《宋史·律历志》	
86	本天历	（南宋）邓光荐	1277	1277—1279		
87	授时历（大统历）	（元）郭守敬	1280	1280—1644	《元史·历志》	创三次差内插法，并用类似球面三角的公式解决太阳黄赤道坐标换算的问题
88	圣寿万年历	（明）朱载堉	1554	未　用	《乐律全书》	
89	黄钟历	（同上）	1581	未　用	《古今图书集成·历法典》	
90	新法历（时宪历）	（明）徐光启等	1634	1645～1723	《崇祯历书》《历象考成》	采用第谷宇宙体系和几何学、球面三角等
91	晓庵历	（清）王锡阐	1663	未　用	《晓庵新法》	
92	癸卯元历	（清）戴进贤	1742	1742—1911	《历象考成后编》	采用开普勒行星运动第一、第二定律
93	天　历	（太平天国）洪仁玕	1852	1852—1864	《已未九年改历诏旨》	大小月相间，不计朔望，不置闰月
94	公历（即格雷果里历）		1582	1912至今		

美索不达米亚天文学

美索不达米亚在今伊拉克共和国境内的底格里斯河和幼发拉底河一带，是人类文明最早的发源地之一。从公元前3000年左右苏美尔城市国家形成到公元前64年为罗马所灭的3000年间，虽然占统治地位的民族多次更迭，但始终使用楔形文字。他们创造了丰富多彩的物质文明和精神文明，有些一直应用到今天，如分圆周为360°，分1小时为60分，1分为60秒，以7天为1个星期，分黄道带为12个星座等。

古代两河流域的科学，以数学和天文学的成就为最大。据说在公元前30世纪的后期就已经有了历法。当时的月名各地不同。现在发现的泥板上，有公元前1100年亚述人采用的古巴比伦（约前19—前16世纪）历的12个月的月名。因为当时的年是从春分开始，所以古巴比伦历的一月相当于现在的三月到四月。一年12个月，大小月相间，大月30日，小月29日，一共354天。为了把岁首固定在春分，需要用置闰的办法，补足12个月和回归年之间的差额。公元前6世纪以前，置闰无一定规律，而是由国王根据情况随时宣布。著名的立法家汉谟拉比曾宣布过一次闰六月。自大流士一世（前522—前486在位）后，才有固定的闰周，先是8年3

闰,后是 27 年 10 闰,最后于公元前 383 年由西丹努斯定为 19 年 7 闰制。

巴比伦人以新月初见为一个月的开始。这个现象发生在日月合朔后一日或二日,决定于日月运行的速度和月亮在地平线上的高度。为了解决这个问题,塞琉古王朝的天文学家自公元前 311 年开始制定日、月运行表,现选取一段如下:

闰六月	29°18′40″ 2‴	23° 6′44″22‴	天秤座
七　月	29 36 40 2	22 43 24 24	天蝎座
八　月	29 54 40 2	22 38 4 26	人马座
九　月	29 51 17 58	22 29 22 24	摩羯座
十　月	29 33 17 58	22 2 40 22	宝瓶座
十一月	29 15 17 58	21 17 58 20	双鱼座
十二月	28 57 17 58	20 15 16 18	白羊座
一　月	28 39 17 58	18 54 34 16	金牛座
二　月	28 21 17 56	17 15 52 14	双子座
三　月	28 18 1 22	15 33 53 36	巨蟹座
四　月	28 36 1 22	14 9 54 58	狮子座
五　月	28 54 1 22	13 3 56 20	室女座
六　月	29 12 1 22	12 15 57 42	天秤座

这个表只有数据,没有任何说明。它的奥秘在 19 世纪末和 20 世纪初终于被伊平和库格勒等人揭开。他们发现,第四栏是当月太阳在黄道十二宫的位置,第三栏是合朔时太阳在该宫的度数(每宫 0°~30°),第三栏相邻两行相减即得第二栏数据,它是当月太阳运行的度数。例如第二行 22°43′24″24‴ + 30°,减去第一行 23°6′44″22‴,得七月太阳运行 29°36′40″2‴,而第二栏每组各相邻行的数据之差为一常数,即 ± 18′。若以月份为横坐标,以太阳每月运行的度数为纵坐标绘图,便可得三条直线。前三点形成的直线斜率为 + 18′,中间六点形成的直线斜率为 − 18′,后四点形成的直线复为 + 18′。前两条线的交点的纵坐标 $y_1 = M = 30°1'59''$,后两条线的交点的纵坐标 $y_2 = m = 28°10'39''40'''$,而太阳的月平均行度:

$$\mu = \frac{M + m}{2} = 29°6'19''20'''$$

若就连续若干年的数据画图,就可得到一条折线。在这条折线上两相邻峰之间的距离就是以朔望月表示的回归年长度,1 回归年 = 12 $\frac{1}{3}$朔望月。

在这种日月运行表中,有的项目多到 18 栏之多。除上述 4 栏外,还有昼夜长度、月行速度变化、朔望月长度、连续合朔日期、黄道对地平的交角、月亮的纬度,等等。有日月运行表以后,计算月食就很容易了。事实上,早在萨尔贡二世(约前 9 世纪)时,已知月食必发生在望,而且只有当月亮靠近黄白交点时才行。但是关于新巴比伦王朝(前 626—前 538)时迦勒底人发现

沙罗周期(223朔望月=19食年)的说法,近来有人认为是不可靠的。

巴比伦人不但对太阳和月亮的运行周期测得很准确,朔望月的误差只有0.4秒,近点月的误差只有3.6秒,对五大行星的会合周期也测得很准确:

水星:146周=46年;　　金星:5周=8年;

火星:15周=32年;　　木星:65周=71年;

土星:57周=59年。

这些数据远比后来希腊人的准确,同近代的观测结果非常接近。

参　考　文　献

O. Neugebauer. *Astronomical Cuneiform Texts*. London: Lund Humphries, 1955.

埃及古代天文学

公元前3000年左右,上埃及国王美尼斯统一埃及。从此,埃及历史始有文字记录可考。到公元前332年被马其顿王亚历山大征服为止,埃及共经历31个王朝,第三王朝到第六王朝(约前27—前22世纪)文化最为繁荣。埃及对于数学、医学和天文学的重要贡献,都产生在这一时期。名闻世界的金字塔也是在这一时期建造的。据近代测量,最大的金字塔底座的南北方向非常准确,当时在没有罗盘的条件下,必然是用天文方法测量的。最大的一座金字塔在北纬30°线南边2千米的地方,塔的北面正中有一入口,从那里走进地下宫殿的通道,和地平线恰成30°的倾角,正好对着当时的北极星。

埃及人除知道北极附近的拱极星外,从出土的棺盖上所画的星图可以确定他们认识的星还有天鹅、牧夫、仙后、猎户、天蝎、白羊和昴星等。埃及人认星最大的特征是将赤道附近的星分为36组,每组可能是几颗星,也可能是一颗星。每组管十天,所以叫旬星(Decans)。当一组星在黎明前恰好升到地平线上时,就标志着这一旬的到来。现已发现的最早的旬星文物属于第三王朝。

合三旬为一月,合四月为一季,合三季为一年,是埃及最早的历法。三个季度的名称是:洪水季(Akhet)、冬季(Peret)和夏季(Shemu)。冬季播种,夏季收获。在古王国时代,一年中当天狼星清晨出现在东方地平线上的时候,尼罗河就开始泛滥。古埃及人根据对天狼偕日升和尼罗河泛滥的周期进行了长期观测,把一年由360日增加为365日。这就是现在阳历的来源。但是这与实际周期每年仍约有0.25日之差。如果一年年初第一天黎明前天狼星与太阳同时从东方升起,120年后就要相差一个月,到第1461年又恢复原状,天狼星又与日偕出。埃及人把这个周期叫做天狗周(Sepedet),因为天狼星在埃及叫天狗。

据近人研究,埃及除这种民用的阳历外,还有一种为了宗教祭祀而杀羊告朔的阴阳历。在卡尔斯堡纸草书(Carlsberg Papyrus)第九号中有这样一条记载:

25埃及年=309月=9 125日

从这条记载就可看出:1年=365日,1朔望月=29.530 7日,25年中有9个闰月。

埃及人分昼夜各为12小时,从日出到日落为昼,从日落到日出为夜,因此一小时的长度是随着季节而不同的。为了表示这种长度不等的时间,埃及人把漏壶的形状做成截头圆锥体,在不同季节用不同高度的流水量。

除圭表和日晷外，埃及还有夜间用的一种特殊天文仪器，名叫麦开特(Merkhet)。它的结构很简单：把一块中间开缝的平板沿南北方向架在一根柱子上，从板缝中可知某星过子午线的时刻，又从星与平板所成的角度知道它的地平高度。现今发现的麦开特，系公元前一千多年的实物，为现存的埃及最古天文仪器。

参 考 文 献

R. A. Parker. *Calendars of Egypt*. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1950.

O. Neugebauer and R. A. Parker. *Egyptian Astronomical Texts*. Providence, Rhode Island: Brown Univ. Press, 1964.

O. Neugebauer. *The Exact Science in Antiquity*. Providence, Rhode Island: Brown Univ. Press, 1957.

希腊古代天文学

希腊是欧洲的文明古国，它的文化对以后欧洲各国文化的发展有很大影响，因此欧洲人称古代希腊文化为“古典文化”。希腊的地理位置使它易于和古代的东方文明接近。希腊第一个著名自然哲学家泰勒斯据说曾在埃及获得了几何学知识，到美索不达米亚学到了天文学。相传他曾预告过一次日食，并认为大地是一个浮在水上的圆盘或圆筒，而水为万物之源。

从泰勒斯开始到托勒密为止的近800年间，希腊天文学得到了迅速的发展，著名天文学家很多。从地域来说，先后有4个活动中心，形成了4个学派，即：小亚细亚的米利都，从泰勒斯开始形成了一个爱奥尼亚学派(前7—前5世纪)；意大利南部的克罗托内，毕达哥拉斯创立了毕达哥拉斯学派(前6—前4世纪)；希腊的雅典，从柏拉图开始，有柏拉图学派(前4—前3世纪)；埃及的亚历山大，本城和若干地中海岛屿上的相互有联系的天文学家们形成亚历山大学派(前3—公元2世纪)。托勒密就属于这个学派，也是整个希腊古代天文学的最后一位重要的代表。就内容来说，可以柏拉图为界，划分两个时期。在柏拉图以前，虽然也有一些重要的发现，如月光是日光的反照、日月食的成因、大地为球形和黄赤交角数值等，但还是以思辨性的宇宙论占主导地位。

从柏拉图开始有了希腊天文学的特色：用几何系统来表示天体的运动。柏拉图学派创立了同心球宇宙体系，而亚历山大学派则发展出本轮、均轮或偏心圆体系。这些都属于以地球为宇宙中心的地心体系。

与此同时，还有另一方面的重要发展，即从赫拉克利德到阿里斯塔克的日心体系。公元前2世纪喜帕恰斯在观测仪器和观测方法方面都做了重大改进，他把三角学用于解决天文问题。公元2世纪托勒密继承前人的成就，特别是喜帕恰斯的成就，并加以发展，著《天文学大成》13卷，成为古代希腊天文学的总结。

古代希腊天文学的成就主要表现在五个方面。

地球的形状和大小　爱奥尼亚学派认为大地是个圆盘或圆筒；毕达哥拉斯学派则认为大地是个球形；亚里士多德在《论天》(明末中译本名《寰有诠》)里肯定了这一看法之后，地为球形的概念即成定论。埃拉托斯特尼用比较科学的方法得出了很精确的结果，他注意到夏至日太阳在塞恩(今阿斯旺)地方的天顶上，而在亚历山大城用仪器测得太阳的天顶距等于圆周的1/50。他认为这个角度即是两地的纬度之差，因而地球的周长即是两地之间距离的50倍。这

两地之间的距离当时认为是5000希腊里,所以地球的周长为25万希腊里。据研究,1希腊里=158.5米,那么地球周长便是39600千米,可以说相当准确。100多年以后,住在罗得岛上的波西东尼斯又利用老人星测过一次地球的周长,得出为18万希腊里,没有埃拉托斯特尼的准确,但为托勒密所采用,而成为一段时期内公认的地球周长的数值。

日、月的远近和大小　毕达哥拉斯认为,月光是太阳光的反射;月亮的圆缺变化是由于月、地、日之间相互位置的变动;月面明暗交界处为圆弧形,表明月亮为球形,并推想其他天体也都是球形。亚里士多德接受了这一论断,并且进一步提出"运动着的物体必是球形"这一错误命题来作为论据。阿里斯塔克第一次试图用几何学的方法测定日、月、地之间的相对距离和它们的相对大小。他的论文《关于日月的距离和大小》一直流传到今天。在这篇论文中,他设想上、下弦时,日、月和地球之间应当形成一个直角三角形,月亮在直角顶上;通过测量日、月对地球所形成的夹角,就可以求出太阳和月亮的相对距离。他量出这个夹角是87°,并由此算出太阳比月亮远约18～20倍。

喜帕恰斯继续做阿利斯塔克测量日、月大小和距离的工作,他通过观测月亮在两个不同纬度地方的地平高度,得出月亮的距离约为地球直径的$30\frac{1}{6}$倍,这个数字比实际稍小一点。

日心地动说　毕达哥拉斯学派的菲洛劳斯认为日、月和行星除绕地球由西向东转动外,每天还要以相反的方向转动一周。这是不谐和的。为了解决这种不谐和的问题,他提出地球每天沿着由西向东的轨道绕中央火转动一周。和月亮总是以同一面朝着地球一样,地球也是以同一面朝着中央火,而希腊人是住在背着中央火的一面。地球和中央火之间还有一个"反地球",它以和地球一样的角速度绕中央火运行,因此,地球上的人是永远看不见中央火的。

按照菲洛劳斯的理论,中央火是宇宙的中心。处在它外面的地球,每天绕火转一周,月球每月一周,太阳每年一周,行星的周期更长,而恒星则是静止的。这样的见解要求地球每天运行一段行程后,恒星之间的视位置应该有所改变,除非恒星跟地球的距离是无限远。毕达哥拉斯学派认为天体与中央火的距离应服从音阶之间音程的比例,也就是说恒星与地球的距离是有限的;可是,从来没有观测到在一天之内恒星之间的视位置有什么变化。为了消除这一矛盾,毕达哥拉斯学派另外两位学者希色达和埃克方杜斯提出地球自转的理论,认为地球处在宇宙的中心,每天自转一周。其后,柏拉图学派的赫拉克利德继承了希色达和埃克方杜斯的观点,以地球的绕轴自转来解释天体的视运动,同时又注意到水星和金星从来没有离开过太阳很远,进而提出这两个行星是绕太阳运动,然后又和太阳一起绕地球运动。

和赫拉克利德同时的亚里士多德反对这种观点,他以没有发现恒星视差来反对地球绕中央火转动的学说。他以垂直向上抛去的物体仍落回原来位置而不是偏西的事实来反对地球自转的学说。亚里士多德的这两个论据,直到伽利略的力学兴起和贝塞耳发现了恒星的视差以后,才被驳倒。虽然亚里士多德的观点在很长时期内占了统治地位,但是,公元前3世纪的阿里斯塔克还是认为,地球在绕轴自转的同时,又每年沿圆周轨道绕太阳一周,太阳和恒星都不动,行星则以太阳为中心沿圆周运动。为了解释恒星没有视差位移,他正确地指出,这是由于恒星的距离远比地球轨道直径大得多的缘故。

同心球理论　阿里斯塔克的见解虽富于革命性,但走在时代的前面太远了,无法得到一般人的承认。当时盛行的却是另一种见解,即以地球为中心的地心说,它一直延续到16至17世纪。在地心说的形成和发展过程中,许多希腊学者起了奠基的作用。毕达哥拉斯学派认为,一切立体图形中最美好的是球形,一切平面图形中最美好的是圆形,而宇宙是一种和谐

(Cosmos)的代表物,所以一切天体的形状都应该是球形,一切天体的运动都应该是匀速圆周运动。但是事实上,行星的运动速度很不均匀,有时快,有时慢,有时停留不动,有时还有逆行。可是柏拉图认为,这只是一种表面现象,这种表面现象可以用匀速圆周运动的组合来解释。在《蒂迈欧》(Timaeus)中,他提出了以地球为中心的同心球壳结构模型。各天体所处的球壳,离地球的距离由近到远,依次是:月亮、太阳、水星、金星、火星、木星、土星、恒星,各同心球之间由正多面体联结着。欧多克索斯发展了他的观点。欧多克斯认为,所有恒星共处在一个球面上,此球半径最大,它围绕着通过地心的轴线每日旋转一周;其他天体则有许多同心球结合,日、月各3个,行星各4个,每个球用想像的轴线和邻近的球体联系起来,这些轴线可以选取不同的方向,各个球绕轴旋转的速度也可以任意选择。这样,把27个球(恒星1,日、月2×3,行星4×5)经过组合以后,就可以解释当时所观测到的天象。后来,观测资料积累得愈来愈多,新的现象又不断发现,就不得不对这个体系进行补充。欧多克斯的学生卡利普斯,又给每个天体加上了一个球层,使球的总数增加到34个。

欧多克斯和卡利普斯的同心球并非物质实体,只是理论上的一种辅助工具,而且日月五星每一组的同心球与另一组无关。可是到了亚里士多德手里,这些同心球成了实际存在的壳层,而且各组形成一个连续的相互接触的系统。这样,为了使一个天体所特有的运动不致直接传给处在它下面的天体,就不得不在载有行星的每一组球层之间插进22个“不转动的球层”。这些不转动的球层,和处在它之上的那个行星运动的球层具有同样的数目、同样的旋转轴、同样的速度,但是以相反的方向运动,这样就抵消了上面那个行星所特有的一切运动,只把周日运动传给下面行星。

亚里士多德体系不同于前人的地方还在于:他的天体次序是:月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星和恒星天,在恒星天之外还有一层“宗动天”。亚里士多德认为,一个物体需要另一个物体来推动,才能运动。于是他在恒星天之外,加了一个原动力天层——宗动天。宗动天的运动则是由不动的神来推动的,神一旦推动了宗动天,宗动天就把运动逐次传递到恒星、太阳、月亮和行星上去。这样,亚里士多德就把上帝是第一推动力的思想引进宇宙论中来了。

本轮均轮说　同心球理论除了过于复杂以外,还和一些观测事实相矛盾:第一,它要求天体同地球永远保持固定的距离,而金星和火星的亮度却时常变化。这意味着它们同地球的距离并不固定。第二,日食有时是全食,有时是环食,这也说明太阳、月亮同地球的距离也在变化。

阿里斯塔克的日心地动说可以克服同心球理论的困难,但他无法回答上面提到的亚里士多德对地球公转和自转的责难。当时希腊人认为天地迥然有别,也阻碍人们接受地球是一个行星的看法。因此,要克服同心球理论所遇到的困难,还得沿着圆运动的思路前进。阿波隆尼设想出另一套几何模型,可以解释天体同地球之间距离的变化,那就是:如果行星做匀速圆周运动,而这个圆周(本轮,epicycle)的中心又在另一个圆周(均轮,deferent)上做匀速运动,那么行星和地球的距离就会有变化。通过对本轮、均轮半径的运动速度的适当选择,天体的运动就可以从数量上得到说明。

喜帕恰斯继承了阿波隆尼的本轮、均轮思想,并且又进一步发现,太阳的不均匀性运动还可以用偏心圆(eccentrics)来解释,即太阳绕着地球做匀速圆周运动,但地球不在这个圆周的中心,而是稍偏一点。这样,从地球上看来,太阳就不是匀速运动,而且距离也有变化,近的时候走得快,远的时候走得慢。

本轮均轮说到托勒密时发展到了完备的程度,他在《天文学大成》中作了概括。这种学说

统治了天文学界1400多年，直到哥白尼学说出现以后，才逐渐被抛弃。

参考文献

M. R. Cohen and I. E. Drabkin. *Source Book in Greek Science*. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1958.

O. Neugebauer. *The Exact Science in Antiquity*. Providence, Rhode Island: Brown Univ. Press, 1957.

阿拉伯天文学

阿拉伯天文学也称伊斯兰天文学或穆斯林天文学。一般所说的阿拉伯天文学是指公元7世纪伊斯兰教兴起后直到15世纪左右各伊斯兰文化地区的天文学。在这段时期里阿拉伯天文学大体形成了三个学派，即巴格达学派、开罗学派和西阿拉伯学派。

巴格达学派　阿拔斯王朝(750—1258，史称“黑衣大食”)于762年在巴格达建都以后，除了直接接受巴比伦和波斯的天文学遗产以外，又积极延揽人才，翻译印度婆罗门笈多著的《增订婆罗门历数全书》和希腊托勒密著的《天文学大成》等许多书籍，作为进一步发展的基础。829年巴格达建立天文台，在这里工作过的著名天文学家有法干尼等人。法干尼著有《天文学基础》一书，对托勒密学说做了简明扼要的介绍。贾法尔·阿布·马舍尔著《星占学导引》，后来在欧洲传播甚广，是1486年奥格斯堡第一批印刷的书籍之一。塔比·伊本·库拉发现岁差常数比托勒密提出的每百年移动一度要大；而黄赤交角从托勒密时的23°51′减小到23°35′。把这两个现象结合起来，他提出了颤动理论(the theory of trepidation)，认为黄道和赤道的交点除了沿黄道西移以外，还以4度为半径，以4000年为周期，作一小圆运动。为了解释这个运动，他又在托勒密的八重天(日、月、五星和恒星)之上加上了第九重。

塔比·伊本·库拉的颤动理论，曾为后来的许多穆斯林天文学家所采用，但是他的继承者巴塔尼却没有采用。现在知道这种理论是错误的。巴塔尼是阿拉伯天文学史上伟大的天文学家，伊斯兰天文学中的重要贡献大多是属于他的。他的最著名的发现是太阳远地点的进动；他的全集《论星的科学》在欧洲影响很大。

比巴塔尼稍晚的苏菲所著《恒星图象》一书，被认为是伊斯兰观测天文学的三大杰作之一。书中绘有精美的星图，星等是根据他本人的观测画出的，因而它是关于恒星亮度的早期宝贵资料，现在世界通用的许多星名，如Altair(中名牛郎星)、Aldebaran(中名毕宿五)、Deneb(中名天津四)等，都是从这里来的。

巴格达学派的最后一位著名人物是阿布·瓦法，他曾对黄赤交角和分至点进行过测定，为托勒密的《天文学大成》写过简编本。有人认为他是月球二均差的发现者，但又有人认为，这项发现还是应该归功于第谷。

阿布·瓦法以后，至阿拔斯王朝灭亡的160多年中，巴格达学派再无重大发展。1258年蒙古军灭掉阿拔斯王朝，建立伊尔汗国。1272年，伊尔汗国建立马拉盖天文台(在今伊朗西北部大不里士城南)，并任命担任首相职务的天文学家纳西尔丁·图西主持天文台工作。这个天文台拥有来自中国和西班牙的学者，他们通力合作，用了12年时间，完成了一部《伊尔汗历数书》(西方称《伊尔汗天文表》)。阿拉伯人称之为Zij－i īlkhānī。“Zij”与印度的悉檀多(历数书)相当，中国元代音译为“积尺”。西方则称为“表”或“天文表”。商企翁、王士点撰的《祕书监志》中有“积尺诸家历”，指的就是各种阿拉伯历数书或天文表。《伊尔汗历数书》中测定岁差常数为每年51″，相当准确。100多年后，帖木儿的孙子乌鲁伯格又在撒马尔罕建立一座天文台。乌

鲁伯格所用的象限仪,半径长达40米。他对1000多颗恒星进行了长时间的位置观测,据此编成的《新古拉干历数书》(今通称《乌鲁伯格天文表》)是托勒密以后第一种独立的星表,达到16世纪以前的最高水平。

开罗学派　公元10世纪初,在突尼斯一带建立了法提玛王朝(909—1171,史称“绿衣大食”)。这个王朝于10世纪末迁都开罗以后,成为西亚、北非一大强国,在开罗形成了一个天文中心。这个中心最有名的天文学家是伊本·尤努斯,他编撰了《哈基姆历数书》(西方称《哈基姆天文表》),其中不但有数据,而且有计算的理论和方法。书中用正交投影的方法解决了许多球面三角学的问题。他汇编了自829年至1004年间阿拉伯天文学家和他本人的许多观测记录。977年和978年他在开罗所做的日食观测和979年所做的月食观测,为近代天文学研究月球的长期加速度提供了宝贵的资料。

与伊本·尤努斯同时在开罗活动的还有一位光学家海桑。他研究过球面像差、透镜的放大率和大气折射。他的著作通过R.培根和开普勒的介绍,对欧洲科学的发展有很大的影响。

西阿拉伯学派　西班牙哈里发王朝(又称后倭马亚王朝,史称“白衣大食”)最早的天文学家是科尔多瓦的查尔卡利。他的最大贡献是于1080年编制了《托莱多天文表》。这个天文表的特点是其中有仪器的结构和用法的说明,尤其是关于阿拉伯人特有的仪器——星盘的说明。在《托莱多天文表》中还有一项重要内容,就是对托勒密体系做了修正,以一个椭圆形的均轮代替水星的木轮,从此兴起了反托勒密的思潮。这种思潮由阿芬巴塞发端,阿布巴克尔和比特鲁吉为其继承者。他们反对托勒密的本轮假说,理由是行星必须环绕一个真正物质的中心体,而不是环绕一个几何点运行。因此,他们就以亚里士多德所采用的欧多克斯的同心球体系作为基础,提出一个旋涡运动理论,认为行星的轨道呈螺旋形。其后,信奉基督教的西班牙国王阿尔方斯十世,于1252年召集许多阿拉伯和犹太天文学家,编成《阿尔方斯天文表》。近年有人认为这个表基本上是《托莱多天文表》的新版。

正当西班牙的天文学家抨击托勒密学说的时候,中亚一带的天文学家比鲁尼曾提出地球绕太阳旋转的学说。他在写给著名医学家、天文爱好者阿维森纳的信中,甚至说到行星的轨道可能是椭圆形而不是圆形。马拉盖天文台的纳西尔丁·图西在他的《天文学的回忆》中也严厉地批评了托勒密体系,并提出了自己的新设想:用一个球在另一个球内的滚动来解释行星的视运动。14世纪大马士革的天文学家伊本·沙提尔在对月球运动进行计算时,更是抛弃了偏心均轮,引进了二级本轮。两个世纪以后,哥白尼在对月球运动进行计算时,所用方法和他的是一样的。阿拉伯天文学家们处在托勒密和哥白尼之间,起了承前启后的作用。

参　考　文　献

S. H. Nasr. *Science and Civilization in Islam*. Cambridge: Harvard Univ. Press, 1968.

A. M. Sayīlī. *The Observatory of Islam*. Ankara: Türk Tavih Kurumu Basi mevi, 1960.

欧洲中世纪天文学

从公元476年西罗马帝国灭亡,到15世纪中叶文艺复兴开始,这1000年的欧洲历史,习惯上称为“中世纪”。中世纪欧洲的特点是政教合一,基督教神学占统治地位,“科学只是教会的恭顺的婢女,它不得超越宗教所规定的界限。”(《马克思恩格斯选集》第3卷,第390页)尤其是5—10世纪更是欧洲历史上的黑暗时期。当时西欧人连希腊科学家的学说都不清楚了,大

地是球形的说法也被列为异端，而《圣经》神话却重新成了宇宙体系的依据。在这一时期天文学之所以仍然被列为高等教育的必修课，主要是为了教人学会计算复活节的日期。

阿拉伯科学从公元10世纪开始由西班牙向英、法、德等国传播。但阿拉伯科学著作被大量译成拉丁文，还是在基督教徒攻克西班牙的托莱多(1085)和意大利南部的西西里岛(1091)以后的事情。翻译工作最活跃的时期是在1125—1280年之间，最著名的译者是克雷莫纳的杰拉尔德。他一生译书80多种，其中包括托勒密的《天文学大成》和查尔卡利的《托莱多天文表》。

古希腊和阿拉伯的科学著作译成拉丁文以后，经院哲学家阿奎那立刻把亚里士多德、托勒密等人的学说和神学结合起来。阿奎那证明上帝存在的第一条理由就是天球的运动需要一个原动者，即上帝。但是，到了这个时候，由于科学知识的积累，经院哲学家的一些论据已经不能无条件地被人接受了。与阿奎那同时，英国革新派教徒R.培根具有鲜明的唯物主义倾向，主张“靠实验来弄懂自然科学、医药、炼金术和天上地下的一切事物”，反对经院式、教义式的盲目信仰，对宇宙理论和科学的发展起了推动作用。

与R.培根同时，法国人霍利伍德以拉丁名撒克罗包斯考闻名，著《天球论》，阐述球面天文学，简明扼要，通俗易懂，再版多次，有多种译本，一直流行到17世纪末。

14世纪中，维也纳设立大学，逐渐成为天文数学中心，普尔巴哈于1450年出任该校天文数学教授后，学术空气更为浓厚。普尔巴哈在托勒密《天文学大成》的基础上，编成《天文学手册》一书，作为撒克罗包斯考《天球论》的补充；同时又著《行星理论》，详细指出亚里士多德和托勒密两人关于行星的理论是不同的。

普尔巴哈的学生和合作者J.米勒，一名雷乔蒙塔努斯，曾经随普尔巴哈去意大利从希腊文原著学习托勒密的天文学。他们两人都发现，《阿尔方斯天文表》历时已200年，误差颇大，需要修订。后来雷乔蒙塔努斯到纽伦堡定居，在天文爱好者富商瓦尔特的资助下，建立了一座天文台，并附设有修配厂和印刷所，1475—1505年间每年编印航海历书，为哥伦布1492年发现新大陆提供了条件。

在普尔巴哈和雷乔蒙塔努斯十分活跃的时候，在意大利也出现了两位有名的天文学家：托斯卡内里和库萨的尼古拉。他们都曾求学于帕多瓦大学，彼此是亲密的同学和朋友。前者学医，曾鼓励哥伦布航海，后来成为优秀的天文观测者，系统地观测过六颗彗星(1433，1449—1450，1456，1457Ⅰ，1457Ⅱ，1472)，并把佛罗伦萨的高大教堂当做圭表，精确地测定二至点和岁差。后者在任意大利北部的布里克森城(今名布雷萨诺内)主教期间，曾提出过地球运动和宇宙无限的设想。他说，整个宇宙是由同样的四大元素组成的；天体上也有和地球上相似的生物居住着；一个人不论在地球上，或者在太阳上，或者在别的星体上，从他的眼中看去，他所占的地位总是不动的，而其他一切东西则在运动。

15世纪，从普尔巴哈到尼古拉的工作，从实践上和理论上为近代天文学的诞生创造了条件，哥白尼的《天体运行论》就是在这些人劳动的基础上完成的。

〔《中国大百科全书·天文学》，北京，中国大百科全书出版社，1980〕

睿智而勤奋　博大而精深

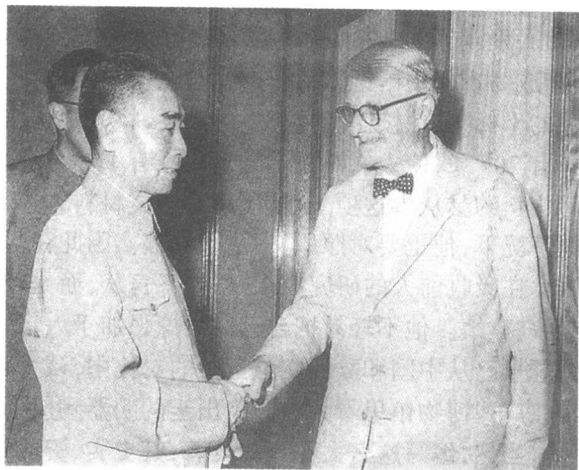
——祝世界著名科学家、中国人民的老朋友李约瑟博士80大寿

40多年前，英国一位名叫怀特海的著名数学家、哲学家，在赞扬了中国古代对哲学、文学和艺术的伟大贡献后，接着说："我们并不怀疑中国人具有探索自然科学的才能，但是他们在自然科学上的成就是微不足道的；而且若使中国孤立于世界，也没有理由可相信她对于科学会有什么贡献。"

周恩来总理在北京会见李约瑟博士(1964)

就在这时候，杰出的生物化学家、英国皇家学会会员李约瑟博士，却与之相反，他下决心研究中国科技史。因为他在剑桥大学从接触到的一些中国留学生中，感到他们与西方人同样聪明能干；他认为，中国的古代文明，其中包括科学曾放射出灿烂的光辉。于是他向这些留学生学习中文，开始研究中国科技史。

学有渊源。李约瑟以丰富的现代科学素养来参加中国科学史的研究，本身就具备着非常有利的条件，加上1942—1946年间，他受英国政府委托，在重庆从事中英科学合作工作，这使他有机会在中国各地广泛旅行，与许多中国科学家交朋友，搜集到大量的中国古代典籍，为他的中国科学技术史研究奠定了丰厚的基础。中国抗战胜利后，李约瑟回到英国。他将搜集到的材料加以整理分析，开始了卷帙浩繁的《中国的科学和文明》(又译为《中国科学技术史》)这部著作的撰写。这部著作涉及天文、地理、生物、数学、物理、化学、工业、农业、医学以及科学思想和社会背景，简直无所不包。全书共7大卷，20册，约800多万字。至今虽然只出了8册，但从1954年第一卷问世以来，每出一册，都引起世界性的反响。今天已翻译他的原著或简译的有中国、日本、法国、意大利和西班牙等国，包括英、中、法、意、西、日等文版。许多国家的报纸杂志发表书评，给予极高评价。英国《自然》杂志说："像这样一部波澜壮阔的令人震惊的作品，任何赞美都不会过誉。"巴黎《科学史评论杂志》指出，这"是划时代的著作，是知识界的必读书"。加尔各答《印度历史学报》则赞扬说："这部研究中国科学史的著作，既博大，又精深，是欧洲学术成就的最高峰"。

李约瑟这部著作虽名为《中国科学技术史》，实际上是对上下几千年、世界各大洲的科学文

化进行比较和研究。它以丰富、有力的论据，肯定了中国科学技术在世界历史上曾经起过的重大作用。这部著作涉猎面是如此之广，所谈问题是如此之高深，但行文却又深入浅出，非常流畅，使人读来感到轻松愉快。

李约瑟的著作有独到见解。他与王铃、普拉斯合作，从对中国天文仪器的研究，得出宋代的水运仪象台是欧洲近代机械钟表的嫡系祖先的结论。这一结论后来已为举世所公认。他抓住潮汐理论、怒潮以及验潮、潮汐表四个方面，把我国的潮汐学史写得有声有色，活灵活现。1956年河北兴隆发现战国时期的铁范，当时多数人认为这是用来铸造青铜工具的，李约瑟则依据他对中国钢铁技术的系统研究以及现代科学知识，和另一些学者判断，兴隆铁范是用来铸造铁生产工具的，从而将我国进入铁器时代的时间大大提前，其后的考古发掘和技术性研究，也都证明了李约瑟的观点是正确的。

李约瑟做学问的办法是：处处留心，不耻下问，随手笔记，融会贯通。一般人看来很平常的事物，在他看来就可能大有学问：古代一张防狗的通告，成为最早印刷品的证据；一个瓷瓶上的彩画，发现了中外文化交流的线索；北海公园的九龙壁，与天文历法有关系；大渡河上的铁索桥，成为古代中国钢铁工业的标志。沈括的《梦溪笔谈》到了李约瑟手里，就成了“中国科学史上的坐标”。他按照现代科学的分类，将其内容作了一个统计分析，发现其中属于科学技术的共有207条，使人们对该书的重要性有了一目了然的认识。

李约瑟从事这项工作，所用的中文材料，大部分都由自己译成英文。在已有西方文字译本的情况下，他也要对照原文，进行校核。因此在他的书中，纠正了过去西方汉学家们的许多错误。在吸收前人的研究成果时，他不盲从，而是经过自己的一番钻研、消化的。他的工作十分细致、审慎。他不轻易把自己的结论强加于人，而是服从实践的检验。关于船尾的方向舵，李约瑟早已从中国和欧洲文献记录的对比中，认为是中国发明最早，但长期有着争论，直到1958年在广州博物馆里看到汉墓中出土的明器陶船上有个小小的舵楼以后，才成为定论。

当然，编写这么大部头的巨著，其史实、资料的引用，总难免有不准确之处；其哲学和历史观点，也难免有可以商榷的地方。但是他的总的目的已经达到，这就是：“朝宗于海”。他认为现代的科学技术是个汪洋大海，大海的水来自条条江河，这条条江河就是古代各民族的贡献，而中华民族这条河水的贡献又特别大，非理清不可。经过他的清理，所得到的结论是：在从公元3世纪到13世纪的1000多年中，中国的科学技术为西方世界所望尘莫及，这些科学技术先后传到欧洲，又为欧洲近代科学的诞生创造了条件。李约瑟完全赞同英国唯物主义的真正始祖弗兰西斯·培根在1620年说过的话：印刷术、火药、指南针，这三大发明“改变了世界上事物的全部面貌和状态，又从而产生了无数的变化”。印刷术带来了文艺复兴，火药炸掉了欧洲的封建城堡，指南针引导了新大陆的发现，而近代科学就是在这样的背景下产生的。

李约瑟认为，近代科学从方法论上有区别于古代的是将数学与实验紧密结合起来。但古代的西方是不重视实验的。只有中国的机械发明簇拥到欧洲以后，才产生了以达·芬奇为代表的工艺实践的方法。工匠们根据自然现象中的一些特点，提出假设，继续验证，这就是伽利略为代表的近代实验科学的先导。近代化学是由炼金术演变而来的，李约瑟认为在阿拉伯的成就传入之前，欧洲谈不上炼金术，“炼金术”这个词本身以及炼金术中的许多术语都源自中国。至于用数学公式表示科学假说，无疑是从希腊人那里继承下来的，但是李约瑟又说：“如果没有中国的十进位制记数法，就几乎不可能出现我们这个统一化的世界。”

总之，李约瑟是由于对中国的古代文明做了深入的研究、充分的肯定、高度的评价、热情的赞扬，从而赢得了世界荣誉的。由于他的研究，各国人民对中国的情况增进了了解，在世界范

围内研究中国科学史的人多起来了。由于他的研究，也发现了许多新问题，值得进一步探讨。不管怎样，李约瑟以一个外国人，从37岁开始，舍弃卓有成效的本行工作，从认汉字学起，学到能掌握古代汉语，能直接阅读中国古书，然后进行多学科性的纵深研究，到54岁开始出第一本书，到80高龄仍锲而不舍，这种坚忍不拔的精神很值得我们学习。

李约瑟不仅在学术上著书立说，宣传我国古代科学成就，增进全世界对中国的了解，而且一贯是中国人民的好朋友。在极端困难的抗日战争后期，他不远万里来到中国，组织中英科学合作馆，支援中国的科学事业。1952年抗美援朝时，他不顾英国政府的反对，参加国际科学调查委员会，来到远东进行现场调查，主持公道，向全世界揭露了美军进行细菌战的真相。他先后担任过英中友好协会和英中了解协会的主席，凡到英国访问的中国科学界人士，他都热情接待。打倒“四人帮”以后，他于1978年再次访问我国，回英国后作了《中国科学界现状》的报告，把我国科学界重临春天的情况带给了英国群众，引起极大的重视。今天，当我们这位好朋友、老朋友80寿辰之际，我们衷心地祝愿他健康长寿，早日把《中国科学技术史》全部出齐，并继续做出更多更大的贡献！

〔原刊1980年12月8日《人民日报》〕

伽利略前2000年甘德对木卫的发现

在我国秦朝以前的文献中,木星是记载得最多的一颗行星,当时叫做“岁星”。战国时期成书的《左传》和《国语》里有许多利用岁星的位置来记载某一事件发生年代的故事。那时有两位著名的天文学家,一位是石申(石申夫),一位是甘德。甘德著有《星经》和《天文星占》两书,可惜都早已失传,现在只是在唐代瞿昙悉达编的《开元占经》(成书于718—726年之间)中保存了一部分内容。最近我们在《开元占经》卷23《岁星占》中发现了一段非常重要的内容:

甘氏曰:单阏之岁,摄提格在卯,岁星在子,与婺女、虚、危晨出夕入,其状甚大有光,若有小赤星附于其侧,是谓同盟。

“同盟”为春秋战国时期常用的一个词汇(而为秦汉所不用),单《左传》一书中就有19处,意为两国或数国为共同目的而永久结合。《公羊传·庄公十六年(前678)》:“同盟者何?同欲也。”据《春秋属辞比事记》解释:“同盟者众共为之,虽一国为政,而众所共成。”在这里意即木星和小星组成了一个系统,而小星从属(“附”)于木星。古时所谓赤色是指浅红色,唐代孔颖达在解释《礼记·月令》“驾赤骝”一句时说:“色浅曰赤,色深曰朱”。这也和我们现在所知的木星四颗主要卫星的颜色相一致:木卫一和木卫三呈黄色,木卫二和木卫四呈红黄色。这段话清楚地说明甘德对木卫已有所发现,可是至今没有被人注意到。

在欧洲,关于木星的四颗主要卫星是不是伽利略首先发现的,曾有过争论,经过H. Schreibmüller(1916)和Zinner(1942)的详细考证[1],终于得出麦依耳(Simon Mayer或Marius,1573—1624)比伽利略早发现10天。伽利略是在1610年1月7日晚上先看到三颗卫星,然后再在1月13日晚上看到第四颗的。可是伽利略给木卫所起的名字“美的斯星”根本没有人用,现在所用的木卫一(伊奥)、木卫二(欧罗巴)、木卫三(加尼美德)和木卫四(卡里斯托)这个次序和名字都是麦依耳给安排和起的,所以许多新近的出版物中,都已把麦依耳和伽利略并列为四颗主要木卫的发现者,美国出版的14卷本《科学家传记辞典》中也已给麦依耳单独列传。

麦依耳和伽利略都是用望远镜发现木卫的。要证明甘德发现木卫,首先得考虑不用望远镜能不能看见它。根据艾伦的《物理量和天体物理量》[2],木卫一至四在冲时的平均视星等和与行星的角距离是:

木卫一:$+4^{m}.9$,2′18″　　木卫二:$+5^{m}.3$,3′40″

木卫三:$+4^{m}.6$,5′51″　　木卫四:$+5^{m}.6$,10′18″

肉眼能看到的极限星等为6^{m},分辨本领为60″,即1′。在正常情况下,看这四颗卫星并不困难,问题在于木星太亮(从$-1^{m}.4$到$-2^{m}.5$)了,耀眼的光辉把这些卫星淹没了。但也不是绝对看不到,特别是在两颗以上的卫星运行到同一侧时,彼此叠加的光亮更使得有察觉的可能。杰出的德国地理学家洪堡(1769—1859)曾经记载过,他认识一位裁缝,名叫邵恩(Schön),是布劳斯

累城(今波兰弗罗茨瓦夫)的人,在无月的晴朗夜晚,能够相当精确地指出四颗主要木卫的位置,这位裁缝年老以后就再不能把木卫分辨出来了[3]。我们委托北京天文馆的同志在天象厅进行模拟观测,取木星为 $-2^{m}.0$,卫星为 $5^{m}.5$,将光度用面积比表示,所得结果是卫星离木星 5′ 时,目力好的人开始可以看见。根据这一实验,我们断定甘德所见者为木卫三或四,而以木卫三的可能性最大,因它最亮也最大。

现在,我们再进一步讨论甘德发现的年代。这个问题比较容易解决,因为《开元占经》中这段引文的前后,把一个恒星周期(当时认为是 12 年,实际上是 11.86 年)内木星每年的位置都给出来了,是一段关于岁星纪年的系统材料,而它又和《淮南子·天文训》、《史记·天官书》、《汉书·天文志》中的有关材料基本相同(后三书中引文很简单,都没有关于木卫的这段话),所以历来为研究天文学史和年代学的人所注意。1978 年陈久金得出这套“纪年资料与岁星实际位置相符的时期是在公元前 400 年到公元前 360 年之间”[4],而日人新城新藏早年的研究则得出,《左传》、《国语》中的岁星纪事和《吕氏春秋》中的“维秦八年,岁在涒滩”属于一个系统,都是以公元前 365 年为实测历元而于其前后按推算所得[5]。

今由杜克曼的《公元前 601 年到公元元年的行星、月亮和太阳位置表》[6],查得公元前 366 年 12 月,即周显王四年(前 365)正月(当时以含有冬至的月份为正月,所以周历正月约相当于儒略历的前一年 12 月)冬至(即太阳黄经 $l_{\odot}=270^{\circ}$)时(12 月 26 日),木星的黄经 $l=255^{\circ}$,$l_{\odot}-l=15^{\circ}$,恰恰是木星与太阳相合之后,开始晨出东方。至于木星这时处在星空的什么区域,我们也可以求出。当时甘氏用的是二十八宿,作者在讨论马王堆汉墓帛书中行星的位置时[7],曾仔细地计算过公元前 210 年二十八宿距星的黄经,今按黄经岁差每 71 年差 1°计,各加 2°即得公元前 352 年各宿距星的黄经,本文所要用的几宿是:

斗(ϕ Sgr)247°	牛(β Cap)271°
女(ε Aqr)278°	虚(β Aqr)289°
危(α Aqr)297°	室(α Peg)314°
壁(γ Peg)332°	

从这些数据可以看出,当时的冬至点在斗宿之末,牛前 1°,而木星晨出东方时,也位于斗宿。这和《开元占经》引甘氏的话“摄提格在寅,岁星在丑,以正月与建、斗、牵牛、婺女晨出东方”是完全符合的。甘德接着说:“为日十二月,夕入于西方。”由杜克曼表得公元前 364 年 1 月 8 日,$l_{\odot}=l=284^{\circ}$,二者相合;公元前 365 年 12 月 19 日,$l_{\odot}=264^{\circ}$,$l=280^{\circ}$,$l-l_{\odot}=16^{\circ}$,木星于黄昏在女宿开始看不见了,可见甘氏的话也是对的。

接着就是前面引文中“单阏之岁”了。这年(前 364)是儒略历 1 月 28 日,$l_{\odot}-l=305^{\circ}-289^{\circ}=16^{\circ}$,木星开始晨出东方,位于虚宿初度,与甘氏所说是一致的。又,这年儒略历 8 月 1 日,$l=303^{\circ}$,$l_{\odot}=123^{\circ}$,$l-l_{\odot}=180^{\circ}$,木星冲日,又逢盛夏,甘德对木卫的发现,可能就在这个夏天。

如果不取公元前 366 年冬至(即前 365 年正月)作为一个周期的起点,而前后各外推两个周期来看看:

1. 公元前 378 年 12 月 26 日冬至,$l_{\odot}-l=270^{\circ}-252^{\circ}=18^{\circ}$,木星在斗宿,冬至前三天已开始晨出东方。

2. 公元前 390 年 12 月 26 日冬至,$l_{\odot}-l=270^{\circ}-248^{\circ}=22^{\circ}$,木星在斗宿,冬至前七天已开始晨出东方。

3. 公元前 354 年 12 月 25 日冬至,$l_{\odot}-l=270^{\circ}-259^{\circ}=11^{\circ}<15^{\circ}$,木星看不见。

4. 公元前 342 年 12 月 25 日冬至，$l_{\odot} - l = 270° - 262° = 8° < 15°$，木星更看不见。

由此可见公元前 365 年正月（即儒略历公元前 366 年 12 月）开始的这个周期与实际天象符合得最好，也是能够符合的最后一个周期。在这个周期中的第二年（"单阏之岁"）的夏天，甘德发现了木星有卫星，这是公元前 364 年的事，几乎比伽利略和麦依耳早了 2000 年。甘德虽然没有留下系统的纪录，但在 2300 多年前能有这一发现，就足够我们称道的了。

参 考 文 献

[1] Schreibmüller. H. 和 Zinner 的文章都登在德国天文学会季刊（*Vierteljahrsschrift der Astronomisschen Gesellschaft*）.

[2] Allen. C. W. Astrophysical Quantities. 3rd ed. (1973). 物理量和天体物理量，杨建译. 上海：上海人民出版社，1976. 186

[3] Werner Sandner. Satellites of the Solar System. translated by A. Helm. London: 1965.

[4] 陈久金. 从马王堆帛书《五星占》的出土试探我国古代的岁星纪年问题. 中国天文学史文集. 科学出版社，1978. 62

[5] 新城新藏. 东洋天文学史研究（沈璿译）. 中华学艺社，1933. 418, 439

[6] Bryant Tuckerman. Planetary, Lunar, and Solar Positions 601 B. C. to A. D. 1. Memoires of the American Philosophical Society, 1962. 56

[7] 席泽宗. 中国天文学史的一个重要发现——马王堆汉墓帛书中的《五星占》. 中国天文学史文集. 科学出版社，1978. 22

The Discovery of Jupiter's Satellite by Gan De 2000 Years before Galileo

As one of the earliest astronomers in China, Gan De (Kan Te) in the 4th century B. C. had made a lot of observations about heavenly bodies, particularly about Jupiter, which was then called "Sui Xing" (The Year-star). He had written two books: The "Sui Xing Jing" (Treatise on Jupiter) as well as the "Tian Wen Xing Zhan" (Astronomical Star Prognostication). Unfortunately these books were lost at some early time, only some portions of it were left in the "Kai Yuan Zhan Jing" (The Kai Yuan Treatise on Astrology) compiled between 718 and 726 A. D. From the 23rd chapter of "Kai Yuan Zhan Jing" we find out an astonishing passage:

"Gan De Said, in the year of chan yan... Jupiter was very large and bright, it looked like having a small reddish ('Chi') star attached to it, and this was called league".

League was a usual term in the Spring and Autumn (770—476 B. C.) and Warring States (475—221 B. C.). At that time two or several countries united together for a common purpose was called a league. Here it means a system consisting of Jupiter and the small star. The latter is a subsidary star of Jupiter and its colour as was mentioned is in accordance with that of Jupiter's four principal satellites: reddish or yellow. Obviously, such a record is an evidence of the earlier discovery of Jovian satellite by Gan De. But up to now no one has mentioned it.

According to "Astrophysical Quantities" codified by C. A. Allen, at mean opposition the dis-

tance of the four main satellites' distance from Jupiter and their magnitude is $2'18''$, $3'40''$, $5'51''$, $10'18''$ and $4.^{m}9$, $5.^{m}3$, $4.^{m}6$, $5.^{m}6$ respectively. These data show that they are visible under good conditions by the naked eye on rare occasions. We have entrasted an imitative observation to the comrades working at Beijing Planetarium. As a result, when a satellite with $5.^{m}5$ is $5'$ away from a planet with -2^{m} (brightness of Jupiter varying between $-2.^{m}5$ and $-1.^{m}4$), it can be seen by good eyes, so we believe that Gan De had discoveried J Ⅲ or J IV. Of the two, J Ⅲ is more possible than J Ⅳ, for the former is brighter than the latter and is the largest satellite in the solar system.

"The year of chan-yan" is a second year of chronology according to the Jupiter's cycle (adopting 12 years, actually 11.86 years). Jupiter's positions during 12 years were systematically described in this section of "Kai Yuan Zhan Jing". Comparing this section with the "Planetary, Lunar, and Solar position from 601 B.C. to A.D. 1" made by B. Tuckerman, we confirm that this discovery was in the summer of 364 B.C. when Jupiter was moving in lunar mansion Wei (Aquarius)—almost 2 000 years before Galileo's discovery of Jovian satellites.

〔原刊《天体物理学报》,第 1 卷,第 2 期,1981 年 4 月;英译见英国 *Chinese Astronomy and Astrophysics*, vol.5, No.2, 1981; 美国 *Chinese Physics*, vol.2, No.3, 1982〕

Chinese Studies in the History of Astronomy: 1949—1979*

Organization and Scope

Astronomy is the oldest branch of natural science, and China was one of the earliest countries in the world with an advanced astronomy. In China's nearly four thousand years of accumulated reliable written records, the continual discoveries, inventions, and record keeping in this field constitute a precious wealth of data for all people. Under the guidance of Marxism-Leninism and the thought of Mao Zedong, uniting contemporary astronomical information and critically building upon this valuable historical legacy is the glorious task of science workers in New China.

On 25 and 26 February 1951 Zhu Kezhen, the former vice-chairman of Academia Sinica, published in *People's Daily* an article entitled "Ancient China's Great Contributions in Astronomy", which stimulated great discussion both in China and abroad. ① In 1952 Academia Sinica invited specialists with an interest in the history of science for a conference to discuss how to organize and initiate our tasks. In 1954, when Academia Sinica established the Chinese Committee on the History of the Natural Sciences, the history of astronomy was one of the first topics to be addressed. In 1955 Chen Zungui's *A Short History of Ancient Chinese Astronomy* was published. ② At the first Conference on the History of the Chinese Natural Sciences, convened in Beijing in July 1956, four papers on astronomy were presented. In September of the same year Zhu Kezhen led a delegation to Italy to participate in the Eighth International Congress on the History of Science. Among the papers presented were three concerned with astronomy: "The Origins of

---

* This article was translated by David L. Keenan of Harvard University and edited by John S. Major of Dartmouth College, who supplied available publication data and added material in square brackets in text and footnotes. Professor Delo Mook of Dartmouth College and Professor N. Sivin of the University of Pennsylvania gave valuable advice, and the Dartmouth College Committee on Faculty Research provided financial support.

① Zhu Kezhen 竺可桢. Zhongguo Gudai zai Tianwenxue shang de Weida Gongxian 中国古代在天文学上的伟大贡献. *Renmin Ribao* 人民日报, 25 & 26 Feb. 1951. Also published in *Kexue Tongbao* 科学通报 1951, 2(3):215 - 219; and in *Zhu Kezhen Wenji* 竺可桢文集(Collected Works of Zhu Kezhen, Beijing, Kexue Chubanshe, 1979), 260ff.

② Chen Zungui 陈遵妫. *Zhongguo Gudai Tianwenxue Jianshi* 中国古代天文学简史(Shanghai: Renmin chubanshe, 1955). [References to a number of other general studies in the history of Chinese astronomy may be found in the bibliography of *Zhongguo Gudai Kexue Jishu Dashiji* 中国古代科学技术大事记 (Highlights of Ancient Chinese Science and Technology. Beijing: Renmin Jiaoyu Chubanshe, 1977), 150 - 151 - JM.]

the 28 Lunar Lodges","A Brief Discussion of the Methods of the Shoushi Calendar [of Guo Shoujing, 1280]",and "Chinese Inventions in the Field of Mechanical Timekeeping ". ③

In January 1957 Academia Sinica established the Research Center for the History of the Natural Sciences, now known as the Research Institute for the History of the Natural Sciences, within which was set up the Study Group for the History of Astronomy. Up until 1966, the year of the Cultural Revolution, ④ important achievements completed by the center included: "Ancient Nova Records from China, Korea, and Japan and their Significance for Radio Astronomy","Calendrical Developments from the Spring and Autumn period (722—481 B.C.) to the End of the Ming Dynasty (1368—1644 C.E.),"Observation of Fixed Stars in Ancient China"," The Early Transmission of Galileo's Work to China", and "An Overview of Ming Dynasty Navigational Astronomy". ⑤

During the period of the Cultural Revolution, since the Study Group for the History of Astronomy was under the auspices of the Philosophy and Social Sciences Department and suffered especially under Lin Biao and the Gang of Four, it was forced to suspend work for nearly a decade. Nevertheless, specialists remained diligently occupied in this oppressive environment, producing such essays as:"Heliocentrism in China","A Preliminary Investigation of the Archaic Han Calendar Unearthed at Linyi", and "The Crab Nebula as a Vestige of the Tianguan 'Guest' Star of

---

③ Zhu Kezhen. Ershiba Xiu de Qiyuan 二十八宿的起源. *Zhu Kezhen Wenji* (Collected Works of Zhu Kezhen), 317ff. [See Coching-CHU (sic). The Origins of Twenty Eight Lunar Mansions. *Actes du Congrès International d'Histoire des Sciences* (*VIII*), 1956.364 - 372 - JM.] Qian Baozong 钱宝琮. Shoushi Lifa Luelun 授时历法略论 *Tianwen Xuebao* (*Acta Astronomia Sinica*)天文学报, 1956, 4(2): 193 - 211, with English summary. [See Tsien Pao-tsung. On the Shou-Shih Calendar System of Kuo Shou Ching. *Actes Cong. Int. Hist. Sci.* (*VIII*), 1956. 430 - 431 - JM.] Liu Xianzhou 刘仙洲. Zhongguo zai Jishiqi Fangmian de Faming 中国在计时器方面的发明. *Tianwen Xuebao*, 1956.4(2):219 - 234, with English summary. [See L. Hsien-chou (sic). On the Chinese Invention of Time-keeping Apparatus. *Actes Cong. Int. Hist. Sci.* (Ⅷ), 1956. 329 - 349 - JM.]

④ The Great Proletarian Cultural Revolution of 1966 - 1976, whose abuses are now ascribed to Lin Biao (d. 1971) and the Gang of Four, led by Mao's wife, Jiang Qing - JM.

⑤ Xi Zezong 席泽宗 and Bo Shuren 薄树人. Zhong Chao Ri Sanguo Gudai de Xinxing Jilu Jiqi zai Shedian Tianwenxue zhong de Yiyi 中朝日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义. *Tianwen Xuebao*, 1965, 13(1):1 - 22. Qian Baozong. Cong Chunqiu dao Mingmo de Lifa Yange 从春秋到明末的历法沿革. *Lishi Yanjiu* 历史研究, 1960(3):35 - 67. Bo Shuren. Zhongguo Gudai de Hengxing Guance 中国古代的恒星观测. *Kexueshi Jikan* 科学史集刊, 1960(3):35 - 52. Yan Dunjie 严敦杰. Jialilue de Gongzuo Zaoqi zai Zhongguo de Chuanbo 伽利略的工作早期在中国的传播. *Kexueshi Jikan* 1964(7):8 - 27. Yan Dunjie. Qianxing Shu—Woguo Mingdai Hanghai Tianwen Zhishi Yipie 牵星术——我国明代航海天文知识一瞥. *Kexueshi jikan*, 1966(9):77 - 88.

1054", *as well as Cosmological Theories in Chinese History*, a systematic exposition of the topic written in conjunction with comrades from other study groups. ⑥

Following the overthrow of the Gang of Four (in 1976) in addition to specialized studies undertaken in the history of science, three volumes were compiled in conjunction with the Beijing Observatory and other fraternal study groups: *A History of Chinese Astronomy*, *A Short History of Chinese Astronomy*, and *A Popular History of Chinese Astronomy*, which are now being readied for publication. ⑦

From 27 November to 4 December 1974 the Scientific Education Unit of the Council of State and Academic Sinica convened a planning congress in Beijing for research in the history of Chinese astronomy under the direction of the Beijing Observatory. At the same time was announced the establishment at the Beijing Observatory of a study unit for sources on celestial phenomena. In addition, it was agreed that observatories at Purple Mountain (Nanjing), Shanghai, Shaanxi, and Yunnan would either establish research groups or delegate specialists responsible for such work. Since that time two collections of essays have been published: *Essays on the History of Chinese Astronomy* and *Collected Essays on the History of Science and Technology: Special Number on Astronomy*. ⑧Three national congresses have been convened: at the end of 1975 in Tianjin for the purpose of exchanging research results; at Hengshan, Hunan, at the end of June 1976 to discuss research materials in the history of astronomy; and in mid-March 1979 in Xiamen (Amoy), Fujian, again to exchange research results. At these congresses over 140 papers were presented and on each occasion approximately one hundred persons attended. In addition, at three of the annual conferences sponsored by the Chinese Astronomical Society (at Nanjing in February 1957, at Beijing in August 1962, and at Shanghai in August 1978), there were a certain number of papers dealing with the history of astronomy. At the meeting in August 1978 it was decided to establish a specialized study unit for the history of astronomy under the Executive Committee that will be responsible for supervising the division of labor between study groups, encouraging the extracurricular research of nonspecialists, and organizing scholarly exchange.

Below appears a short synopsis of the basic achievements of the last thirty years, arranged

---

⑥ Xi Zezong *et al*. Rixin-didongshuo zai Zhongguo 日心地动说在中国. *Zhongguo Kexue* 中国科学, 1973, 16(3): 364 – 376. *Renmin Ribao*, 21 Sept. 1978. *Xinhua Yuebao* 新华月报 1973(7): 194ff. [See also N. Sivin. Copernicus in China. *Studia Copernica*, 1973(6): 63 – 122 – JM.] Chen Jiujin 陈久金 and Chen Meidong 陈美东. Linyi Chutu Hanchu Guli Chutan 临沂出土汉初古历初探. *Wenwu* 文物. 1974. (3): 59 – 66. also in *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji* 中国天文学史文集. Beijing: Kexue Chubanshe, 1978. 66 – 81. Bo Shuren *et al*. Xiezhuang Xingyun Shi 1054 Nian Tianguan Kexing de Yiji 蟹状星云是1054年天关客星的遗迹. *Zhongguo Tianwenxueshi*. 157 – 177. [See also Ho Peng-yoke, F. W. Parr, and P. W. Parsons. The Chinese Guest Star of A. D. 1054 and the Crab Nebula. *Vistas in Astronomy*. 1971 (13): 1 – 13 – JM.] Zheng Wenguang 郑文光 and Xi Zezong. *Zhongguo Lishishang de Yuzhou Lilun* 中国历史上的宇宙理论 (Beijing: Renmin Chubanshe, 1975).

⑦ *Zhongguo Tianwenxue Shi* 中国天文学史; *Zhongguo Tianwenxue Jianshi* 中国天文学简史; *Zhongguo Tianwenxue Shihua* 中国天文学史话.

⑧ *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji* (cit. n. 6); *Kejishi Wenji*: *Tianwenxueshi Zhuanji* 科技史文集: 天文学史专辑, First Series (Shanghai: Kexue Jishu Chubanshe, 1978).

by subject.

Compilation of Sources

In ancient China astronomy was known as "the study of *li* and *xiang*". [9] *Li* referred to calendrical methods and *xiang* to the instruments and records of observation. The former was treated in the "treatise on mathematical astronomy" sections of the Twenty-four (official dynastic) Histories while the latter was included in the "treatise on astrology" sections. In 1975 and 1976 a ten-volume union compilation of the calendrical and astronomy treatises in the Twenty-four Histories, which will be of great service to researchers both in China and abroad, was published. [10] In the past few years the Study Group on Sources for Celestial Phenomena at the Beijing Observatory has mobilized the masses with the support of many provinces and cities to sift through some 150000 volumes of local gazetteers, historical works, and other old records to compile two works: *A Union Table of Ancient Chinese Records of Celestial Phenomena and Sources for the History of Chinese Astronomy*. [11] Together amounting to about 1.2 million words, these massive compilations were hailed as "bright red banners" at a general meeting of advanced workers at Academia Sinica in Beijing and received warm praise at the National Scientific Conference.

Besides the documentary sources printed in book form, astronomical data are also to be found on the Yin (c. 1766—1122 B. C.) oracle bones, on Western Zhou (c. 1122—770 B. C.) bronzes, in the Han (206 B.C.—220 C.E.) bamboo slips and Tang (618—907) scrolls, and in the Ming (1368—1644] and Qing [1644—1911] archives. The Historical Research Institute of the Chinese Academy of Social Sciences is now editing *Collected Inscriptions of Oracle Bones* [12] and is preparing to compile and categorize all extant oracle bone inscriptions. With respect to the astronomical data in the Ming and Qing archives, the selection and publication of relevant information undertaken by the Institute for the History of the Natural Sciences prior to the Cultural Revolution is now resuming. [13]

Chronology and Mathematical Astronomy

In the first issue of *Acta Astronomia Sinica* (1953) Liu Chaoyang in "The Contradictory Situation in Studies of the History of Early Chinese Calendrical Methods and Astronomy, and Where To Go From Here" proposed that from the time of Tang and Yu (legendary sage-emperors of high antiquity, traditionally dated to the late third millenium B. C.) or even earlier, until the

---

⑨ *Li* 历; *Xiang* 象.

⑩ *Lidai Tianwen Lüli Deng Zhi Huibian* 历代天文律历等志汇编, 10 vols. (Beijing: Zhonghua Shuju, 1975/76).

⑪ *Zhongguo Gudai Tianxiang Jilu Zongbiao* 中国古代天象纪录总表; *Zhongguo Tianwenshi Ziliao Huibian* 中国天文史资料汇编.

⑫ *Jiagu wen heji* 甲骨文合辑.

⑬ See, e.g., Bo Shuren in *Kejishi Wenji*: *Tianwenxueshi Zhuanji*, First Series. 1978. 86ff.

end of the Spring and Autumn period (722—481 B.C.) or even later, China adhered to a kind of civil calendar in which a year measured 360 days and each month had 30 days. ⑭ Following publication the article drew heated criticism from the fields of astronomy and historiography. A representative rebuttal may be found in *Acta Astronomia Sinica*. ⑮There have been many controversies concerning the calendrical methods in use prior to the Spring and Autumn and Warring States periods, and differences of opinion persist to this day. In the past few years, both the Purple Mountain Observatory (Nanjing) and the Research Institute for the History of the Natural Sciences have been engaged in serious studies of the calendrical methods of the oracle bone inscriptions, and of the Warring States, Qin, and Han periods, the published results of which are available in the volumes of collected essays published in 1978. ⑯

Beginning with the Triple Concordance Calendar (*Santong li*) of Han times, detailed records of calendrical methods are recorded in the Twenty-four Histories. However, the calendrical methods recorded in the official histories are by no means easy to understand, nor may one consider there to have been one or two consistent calendrical schools, lumping the rest together as traditions outside the mainstream. Thus it is unfortunate that the scholars who, beginning in early Qing times, attempted to annotate comprehensively the calendrical methods recorded in the official histories considered only three systems: the *Santong*, or Triple Concordance system; the *Qianxiang*, or Supernal Manifestation system; and the *Sifen*, or Quarter Day system. ⑰ In the early 1960s Wang Yingwei of the Research Institute for the History of the Natural Sciences set out to continue this work, completing in three volumes and 400 000 words his "Comprehensive Explanations of Ancient Chinese Calendars," which begins with the *Jingchu* (Bright Inception) calendar of the Wei dynasty (c. 237 C. E.), and concludes with the *Datong* (Grand Unity) calendar or Ming times (c. 1364). ⑱ Professor Wang, however, simply provided interlinear annotations and sentence-by-sentence explanations, without any sustained attempt at synthesis. On the other hand, the brilliantly concise article recently published by Yan Dunjie, "Aspects of Ancient Chinese Mathematical Astronomy", presents a high-level survey discussing only the essentials of Chinese calendrical methods from the Quarter Day calendar of antiquity to the Ming

---

⑭ Liu Chaoyang 刘朝阳. Zhongguo Gudai Tianwen Lifa Shi Yanjiu de Maodun Xingshi he Jinhou Chulu 中国古代天文历法史研究的矛盾形势和今后出路. *Tianwen Xuebao*, 1953(1):30-82.

⑮ Zeng Ciliang 曾次亮. Ping Liu Chaoyang Xiansheng "Zhongguo Gudai Tianwen Lifa Shi Yanjiu de Maodun Xingshi he Jinhou Chulu" 评刘朝阳先生... (A Critique of Prof. Liu Chaoyang's Article...), *Tianwen Xuebao*, 1956, 4(2):235-256.

⑯ I.e., *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji* and *Kejishi Wenji*: *Tianwenxueshi Zhuanji* (cit. nn. 6, 8).

⑰ [For explanations of these calendrical systems, see N. Sivin, *Cosmos and Computation in Early Chinese Mathematical Astronomy* (Leiden: E. J. Brill, 1969); also Ho Peng-yoke, *The Astronomical Chapters of the Chin Shu* (Paris/The Hague: Mouton & Co., 1966), and Y. Maeyama, "On the Astronomical Data of Ancient China (c. -100—+200): A Numerical Analysis", *Archives internationales d'histoire des sciences*, 1975(25):247-276, (26):27-58-JM.]

⑱ Wang Yingwei 王应伟. Zhongguo Guli Tongjie 中国古历通解. mimeographed (Research Center for the History of the Natural Sciences, Academia Sinica, Beijing).

Datong calendar. [19]

In recent years, the Institute of Mathematics of Academia Sinica and the Geography Department at Huadong Normal University have both conducted thorough studies, respectively, of the *Daming* (Great Enlightenment) calendar of Zu Chongzhi (429—500) and the *Dayan* (Great Expansion) calendar of Yixing (8th cent.). The Common Era – Sexagenary Cycle calendrical table and the "day finder's disk", invented at the Purple Mountain Observatory, provide for easy conversion of dates between the Chinese and Western calendars.

China is a nation of many peoples. Before Liberation (1949), however, the levels of social development of the various non-Han nationalities were very dissimilar. Thus, investigating their astronomies and calendrical methods is just like unrolling right before our eyes a magnificent tapestry showing the development of astronomy, allowing us to supplement shortcomings in the documentary record. In 1955 the *Essentials of the Islamic Calendar*, compiled with explanations by Prof. Ma Jian, was published. [20] The Islamic calendar was invented by Arabs, however, and although it was used by the Islamic faithful after it reached China during the Yuan period (1279—1368), it cannot be considered a Chinese calendar. In recent years, the Central Academy for the Study of National Minorities, the Institute for National Minority Studies of the Academy of Social Sciences, and the Research Compilation Group for the History of Chinese Astronomy and others made a systematic investigation of the minorities in the northeast and southwest. From the seasonal calendars of the Alunchun and Hezhe tribes (where each year, when the grass sprouted and the rivers rose and the dog salmon swam upstream to spawn, the head of a fish was hung up to record the new year), to the Chunyang (Pure Yang) calendar of the Yi tribe (in which each year consisted of ten months of thirty-six days and the last five or six days of each year were considered useless days—and used for a holiday), to the Tai calendar, which simply adopted the sidereal year, they were able to achieve considerable results, greatly enriching the content of Chinese astronomy. [21]

Analysis and Scientific Use of Records of Phenomena

"For Western scientists, perhaps the best known papers ever published in *Acta Astronomica* [*sic*] *Sinica* are the two in 1955 and 1965 by Xi Zezong (Hsi Tse-Tsung) on Chinese records of supernovae." Thus a recent issue of *Sky and Telescope* refers to "New Tables of Ancient Novae"

---

[19] Yan Dunjie. Zhongguo Gudai Shuli Tianwenxue de Tedian 中国古代数理天文学的特点. *Kejishi Wenji*: *Tianwenxueshi Zhuanji*. First Series. 1978. 1ff.

[20] Ma Jian 马坚. *Huili Gangyao* 回历纲要 (Beijing: Zhonghua Shuju, 1955).

[21] The Second Series of *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji* (Essays on the history of Chinese astronomy; see n. 6) will be devoted to the astronomy and calendrical methods of the non-Han minority peoples of China.

and "Ancient Nova Records from China, Korea, and Japan and their Significance for Radio Astronomy."[22] These two studies systematically investigate some one thousand historical references relating to novae, selecting ninety cases as possibly being novae, of which twelve are possibly supernovae. The importance of these papers was immediately recognized in the United States and the Soviet Union, and they were variously translated and republished.[23] In the last twenty years international discussions of supernovae, quasars, pulsars, neutron stars, gamma-ray sources, and other topics of study in modern astronomy have drawn upon the more than one thousand documents studied in these two papers. In China scholars studying the supernovae of 1006 and 1054 are now making even more thorough studies.[24] Some consider it possible that the black hole X-ray source Cygnus χ-1 may be none other than the phenomenon recorded in 1408.[25] There are also scholars who consider that the binary pulsar 1913 + 16 may bear some relation to the phenomenon recorded in 4 B.C.[26]

Two other important papers published in *Acta Astronomia Sinica* that analyze records of celestial phenomena are "Meteor Shower Records in Ancient China," by Zhuang Tianshan and "The Recording of Sunspot Activity in Chinese History and an Investigation of Periods of Activity," by

[22] T. Kiang. Recent Astronomical Research in China. *Sky and Telescope*. 1977(54):260 - 263, on p. 262. Xi Zezong. Gu Xinxing Xinbiao 古新星新表. *Tianwen Xuebao*, 1955, 3(2):183 - 196, with English summary ("A New Catalogue of Ancient Novae"). Xi and Bo, "Zhong Chao Ri" (cit. n. 5). [See also Ho Peng-yoke, "Ancient and Medieval Observations of Comets and Novae in Chinese Sources," *Vistas in Astronomy*, 1962(5): 127 - 225. Ho Peng-yoke and Ang Tien-se. Chinese Astronomical Records on Comets and "Guest Stars" in the Official Histories of Ming and Ch'ing and Other Supplementary Sources. *Oriens Extremus*, 1970,(17):63 - 99 - JM.]

[23] "New Tables": (USSR) subject of a report in *Priroda*, trans. in *Astronomicheskii Zhurnal*, 1957, 34 (2): 159 - 175; (USA) trans. as "A New Catalog of Ancient Novae", *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, 1958, 2(6):109 - 130.
"Ancient Records": trans. in *Science*, 1966,(154):597 - 603; and as S. R. Bo and Z. Z. Xi, *Ancient Novae and Supernovae Recorded in the Annals of China, Korea and Japan and their Significance in Radio Astronomy*, NASA TT - F - 388 (Technical Translation series), 1966.

[24] Bo Shuren *et al.*, in *Kejishi Wenji*: *Tianwenxueshi Zhuanji*. First Series. 1978. 79ff. Bo Shuren *et al*. Xiezhuang Xingyun Shi 1054 Nian Tianguan Kexing de Yiji (cit. n. 6); also Wang Dechang 王德昌. 1054 Nian Tianguan Kexing de Lishi Jizai 1054 年天关客星的历史记载. *Tianwen Xuebao*, 1977, 18 (2):248 - 254 (English summary. Tian-Guan Guest Star (Supernova) of 1054 in History. p.254).

[25] Li Qibin 李启斌. Tianezuo χ-1—1408 Nian Chao Xinxing Yiji 天鹅座 χ-1—1408 年超新星遗迹. *Tianwen Xuebao*, 1978, 19(2):210 - 212 (English summary, "Cyg χ-1—The Remnant of the Historical Supernova of 1408. p. 212).

[26] Fang Lizhi 方励之 and Shen Liangzhao 沈良照. Guanyu Shedian Mochongxing Shuangxing de Jidian Tuice 关于射电脉冲星双星的几点推测 (Some speculations about the binary pulsar PSR 1913 + 16). *Kexue tongbao*, 1976, 21(1):27 - 30.

the Yunnan Observatory. [27] The former, under monthly headings , lists 147 notices of meteor showers, five of which specify daytime showers, and affords five radiants: η Aquarii, σ Arietis, β Ursae Minoris, β Sculptoris, and in the vicinity of 24 Vulpeculae. In addition it provides much supplementary information about the meteor clusters associated with the constellations of Lyra, Leo, Perseus and Andromeda. Another study, "Past and Present Meteor Showers in the Constellation of Leo" by Li Guangshen, had been published prior to the study by Zhuang Tianshan. [28] In recent years Jin Lizhao of the Institute of Space Physics, Academia Sinica, has also produced thorough studies on meteor showers.

The paper on sunspots by the Yunnan Observatory, building on the seminal studies of Zhu Wenxin and Cheng Tingfang, [29] lists 112 sunspot notices recorded before 1683 and uses them for a statistical analysis of regularities, discovering that there were three cycles of great sunspot activity lasting 10.6 years, 62.2 years, and 250 years. Since this paper was written in 1967, however, it does not touch upon the question raised by John Eddy, on the basis of the so-called Maunder minimum hypothesis, whether the 11-year cycle existed throughout history. [30] In order to address this question, the authors of two other papers pointed out that the Maunder minimum (a period of virtual absence of sunspots, 1645—1715) is a single phenomenon within a longer cycle of solar activity, but that within the Maunder minimum the 11-year cycle also still existed. [31] The Beijing and Purple Mountain Observatories and Nanjing University are working on the problem raised by Eddy. The Research Institute for the History of the Natural Sciences has been studying the

---

[27] Zhuang Tianshan 庄天山. Zhongguo Gudai Liuxingyu Jilu 中国古代流星雨记录. *Tianwen Xuebao*, 1966, 14(1):37 - 58. [See also S. Imoto and I. Hasegawa. Historical Records of Meteor Showers in China, Korea, and Japan. *Smith. Contr. Astrophys*. 1958, 2(6):130 - 144 - JM.] Yunnan Observatory. Woguo Lidai Taiyang Heizi Jilu de Zhengli he Huodong Zhouqi de Tantao 我国历代太阳黑子纪录的整理和活动周期的探讨. *Tianwen Xuebao*, 1976,17(2):217 - 227. [See also D. Justin Schove. Chinese Records of Sunspots and Aurorae in the Fourth Century A. D. *Journal of the American Oriental Society*, 1957, 87: 105 - 112. Dong Shi 东石. Woguo Gudai dui Taiyang Heizi de Guance 我国古代对太阳黑子的观测(Ancient Chinese Observations of Sunspots), *Kexue Puji* 科学普及, 1975, No. 10—JM.]

[28] Shizizuo Liuxingyu de Jinxi 狮子座流星雨的今昔. *Xinxiang Shifan Xueyuan Xuebao* 新乡师范学院学报, 1963, 4(3).

[29] Zhu Wenxin 朱文鑫. *Tianwen Kaogu Lu* 天文考古录 (An Investigation of Ancient Astronomical Records; Shanghai: Commercial Press, 1933). 80. Cheng Tingfang 程廷芳. *Nanjing Daxue Xuebao* 南京大学学报, 1957, 4:51ff.

[30] John A. Eddy. The Maunder Minimum. *Science*, 1976, 192:1189 - 1202; *Proceedings of the International Symposium on Solar-Terrestrial Physics*, 1976, 958ff; *Sky Tel.*, 1976, 51:394 - 395. [See also The Case of the Missing Sunspots, *scientific American*, May 1977, 236(5):80 - 92 - JM.]

[31] Ding Youji 丁有济 and Zhang Zhuwen 张筑文. Guanyu Taiyang Huodong 11-nian Zhouqi de Lianxuxing Wenti 关于太阳活动 11 年周期的连续性问题 (Discussion of the 11-year Cycle of Solar Activity and Its Continuity), *Kexue Tongbao*, 1978, 23(2):107 - 111. Luo Baorong 罗葆荣 and Li Weibao 李维葆. "Cong Woguo Gudai Jiguang, Dizhen Jilu de Zhouqi Fenxi Kan Taiyang Heizi Zhouqi de Wendingxing 从我国古代极光、地震记录的周期分析看太阳黑子周期的稳定性(An Investigation of the Stability of Sunspot Periods by Means of an Analysis of the Aurora and Earthquake Records of Ancient China), *Kexue Tongbao*, 1978,23(6):362 - 367.

problem from a different angle, compiling "Chronological Tables of Auroras in Chinese History" (1975). ㉜ More recently, by checking the Korean, Vietnamese, and Japanese sources and correlating the materials therein with Western historical sources, they have confirmed the relationship between auroras and sunspot activity, determining that from 222 B.C. to 1750 C.E. sunspot activity existed in short periods of 10.9 years, medium periods of 41, 83, 179, and 231 years, and long periods of 412 years.

In 1976 *Historical Research* published an article entitled "Ancient Chinese Records and Knowledge about Meteorites."㉝ Other thorough and detailed studies of this subject are in progress at the Geochemistry Institute of the Academia Sinica.

A new page has been contributed to world astronomy with the discovery among the Han silk documents from Mawangdui Tomb 3 (near Changsha; mid-2nd cent. B.C.) of a chart illustrating twenty-nine types of comets, one of the most valuable sources of data about the nature of comets from the period before the invention of the telescope. ㉞ And recently, by charting the historical changes in the orbit of Halley's Comet and verifying the date of King Wu's expedition against Zhou (last ruler of Shang), Zhang Yuzhe has aroused wide interest in historical circles. ㉟

Star Maps

New manifestations of unusual celestial phenomena must always be recorded against the background of those constellations which seem to be fixed. In ancient China, constellations were called "celestial lodges" or "celestial offices", the most important being the twenty-eight Lunar Lodges located near the equator and ecliptic, used as markers to record the movements of the sun, moon, planets, and frequently other sorts of celestial phenomena as well. Studies have been

---

㉜ Dai Nianzu 戴念祖. Woguo Gudaide Jiguang Jizai he Tade Kexue Jiazhi 我国古代的极光记载和它的科学价值 (Ancient Records of Auroras in China and Their Contributions to Science). *Kexue Tongbao*. 1975,20(10):457 - 464. [See also D. Justin Schove and Ho Peng-yoke. Chinese Aurorae: I. A. D. 1048 - 1070. *Journal of the British Astronomical Association*, 1959,(69):295 - 304 - JM.]

㉝ Huang Shijian 黄时鉴. Zhongguo Gudai Dui Yunshi de Jizai he Renshi 中国古代对陨石的记载和认识. *Lishi Yanjiu* 历史研究, 1976(4): 69 - 76.

㉞ See Xi Zezong Mawangdui Hanmu Boshu zhong de Huixingtu 马王堆汉墓帛书中的彗星图 (The Illustrated Chart of Comets Found among the Han Silk Manuscripts at Mawangdui), *Wenwu*, 1978(2):5 - 9. *Kejishi Wenji : Tianwenxueshi Zhuanji*, First Series. 1978, 39ff. [See also Gu Tiefu 顾铁符 Mawangdui Boshu "Tianwen Qixiang Zazhan" Neirong Jianshu 马王堆帛书天文气象杂占内容简述 (General Introduction to the Contents of the Mawangdui Silk Manuscript Entitled "Miscellaneous Astrological and Meteorological Prognostications"), *Wenwu*, 1978(2):1 - 4 - JM.]

㉟ Zhang Yuzhe 张钰哲. Halei Huixing de Guidao Yanbian de Qushi he Tade Gudai Lishi 哈雷彗星的轨道演变的趋势和它的古代历史. *Tianwen Xuebao*, 1978, 19(1): 109 - 118 (English summary. The Tendency in Orbital Evolution of Halley's Comet and Its Ancient History. p.118). [See also T. Kiang. The Past Orbit of Halley's Comet. *Journal of the Royal Astronomical Society*, 1972(76):27 - 61 - JM.]

appearing since before 1949 on the origins of the twenty-eight Lunar Lodges.[36] The majority posit indigenous origin, but disagreements persist over the exact time. Worth mention here is the 1978 discovery of a wooden box in the tomb of Zenghou Yi, in Sui County, Hubei, that bears the names of all of the twenty-eight Lunar Lodges. This find, dated approximately 433 B.C., pushes back by nearly two centuries the earliest verifiable documentary record of the names of all twenty-eight. Prior to this discovery the earliest reference was believed to be the notice in the "Youshi Lan" chapter of the *Lüshi chunqiu*, dated 239 B.C.[37]

In the past, the *Shishi xingjing* (Star classic of Master Shi), quoted in the Tang *Kaiyuan zhanjing* (Prognostication classic of the Kaiyuan reign period), was considered to contain the earliest measurements of the angular extensions of the twenty-eight Lunar Lodges. Many scholars verified the dating of that work, but everyone ignored the supplementary commentary to Master Shi's calculations entitled "Archaic Lodge Extensions."[38] Then in 1977 a "diviner's board" consisting of two interlocking plates was discovered in the tomb of the Marquis of Ruyin (165 B.C.) in Fuyang County, Anhui. The upper plate was incised with the seven stars of the Big Dipper, and around the rim of the lower plate were incised the twenty-eight Lunar Lodges with

---

[36] Zhu Kezhen. *Sixiang yu Shidai* 思想与时代. 1944, p. 34ff; also in *Zhu Kezhen Wenji*,234ff. (cit. n. 3). Qian Baozong, in *Sixiang yu Shidai*, 1947, p. 43ff. Cen Zhongmian 岑仲勉 in *Xueyuan* 学原, 1947, 1(5); and in *Zhongshan Daxue Xuebao* (*Shehui Kexue Ban*)中山大学学报(社会科学版), 1957 (1) both reprt. in Cen Zhongmian, ed., *Liangzhou Wenshi Luncong* 两周文史论丛 (Shanghai: Commercial Press, 1958). Guo Moruo 郭沫若. Shi Zigan 释子干. *Jiagu Wenzi Yanjiu* 甲骨文字研究 (Researches in Oracle-bone Script; Beijing Kexue Chubanshe,1962). Xia Nai 夏鼐. Cong Xuan Hua Liaomu de Xingtu Lun Ershiba Xiu he Huangdao Shier Gong 从宣化辽墓的星图论二十八宿和黄道十二宫. *Kaogu Xuebao* 考古学报, 1976(2) 35-58; and in *Kaoguxue he Kejishi* 考古学和科技史 (Archaeology and the History of Science and Technology; Beijing: Kexue Chubanshe, 1979),29-50 (English summary. Notes on the System of the Twenty-eight *Hsiu* and the Solar Zodiac in China. 141-143).

[37] *Lüshi Chunqiu* 吕氏春秋, "Youshi Lan 有始览". See Wang Jianmin 王健民 *et al*. Zenghou Yi Mu Chutu de Ershiba Xiu Qinglong Baihu Tuxiang 曾侯乙墓出土的二十八宿青龙白虎图象. (On a Vessel inscribed with the 28 Lunar Lodges, the Green Dragon and the White Tiger, Found in the Tomb of Zeng Houyi), *Wenwu*, 1979(7) 40-45.

[38] *Kaiyuan Zhanjing* 开元占经; *Shishi Xingjing* 石氏星经; subcommentary entitled "Gudu 古度". See Ueda Minoru 上田穰. Sekishi seikyō no kenkyū 石氏星经の研究. (Researches in the Star Classic of Master Shi), *Tōyō bunko ronsō* 东洋文库论丛, 1930(12): 1-184; and Yabuuchi Kiyoshi 薮内清. Kandai ni okeru kansoku gijutsu to Sekishi seikyō no seiritsu 汉代における观测技术と石氏星经の成立. (Observational techniques in the Han period and the formation of the Star Classic of Master Shi), *Tōhō gakuhō* (Kyoto) 东方学报, 1959, (30): 1-38.

calculations corresponding to the "Archaic Lodge Extensions" in the *Kaiyuan zhanjing*.[39] This was an extremely important discovery, giving us a clue about early celestial surveys as well as supplying an important artifact for the study of primitive astronomical instrumentation.

Objectively accurate star maps are naturally dependent upon astronomical surveys, but for an understandable star map it is sufficient simply to sketch the stars in their relative positions. In the last thirty years we have discovered a large quantity of ancient star maps, ranging in age from that found in a Luoyang tomb dating to the end of the western Han (206 B.C.—6 C.E.)[40] to the Huhehot Mongolian star map of 1730. Important discoveries from the intervening period include the star map in the Luoyang tomb of Yuan Yi from the Northern Wei (386—534) dated 526; the Dunhuang star map, dated approximately 700; the Wu or Yue star map from Hangzhou, dated 941; the star map in the Liao (947—1125) tomb at Xuanhua, dated 1116; the star map in the Lungfu Temple at Beijing, dated 1453; the star map engraved in stone at Changshu, dated 1506; and the Putian star map from the end of the sixteenth century.[41] Photographs and descriptions of these star maps and other important Chinese astronomical artifacts will be collected and

---

[39] Anhui Province Cultural Properties Department. Fuyang Shuanggudui Xi-Han Ruyinhou Mu Fajue Jianbao 阜阳双古堆西汉汝阴侯墓发掘简报 (Preliminary Report on the Excavation of the Western Han Tomb of the Marquis of Ruyin at Shuanggudui, Fuyang). *Wenwu*. 1978(8):12 - 31. Yan Dunjie. Guanyu Xi-Han Chuqi de Shipan he Zhanpan 关于西汉初期的式盘和占盘(On the early Western Han Astrological Board and Diviner's Board). *Kaogu*. 1978(5):334 - 337. [See also Yin Difei 殷涤非. Xi-Han Ruyinhou mu Chutu de Zhanpan he Tianwen Yiqi 西汉汝阴侯墓出土的占盘和天文仪器(On the Relationship of the Western Han Diviner's Board from the Tomb of the Marquis of Ruyin to Astronomical Instruments). *Kaogu*. 1978(5):338 - 343; and Donald Harper. The Han Cosmic Board (*Shih* 式). *Early China*. 1978/79 (4):1 - 10 - JM.]

[40] Xia Nai. Luoyang Xi-Han Bihuamu zhong de Xingxiangtu 洛阳西汉壁画墓中的星象图. *Kaogu*. 1965 (2):80 - 90; and in *Kaoguxue he Kejishi*, 51 - 62 (English summary. Constellations Painted on the Ceiling of a Western Han Tomb at Luoyang. 143 - 144)

[41] Wang Che 王车 and Chen Xu 陈徐. Luoyang Bei-Wei Yuan Yi Mu de Xingxiangtu 洛阳北魏元义墓的星象图(The Celestial Map from the Northern Wei Tomb of Yuan Yi at Luoyang). *Wenwu*. 1974(12): 50 - 60, and Plt. 1. Xi Zezong. Dunhuang Xingtu 敦煌星图 (A star map from Dunhuang). *Wenwu*. 1966(3):27 - 38, 52. Yi Shitong 伊世同. Zuigu de Shike Xingtu—Hangzhou Wu-Yue Mu Shike Xingtu Pingjie 最古的石刻星图——杭州吴越墓石刻星图评解(The Oldest Stone-relief Star Map—Notes on the Stone-relief Star Map Found in a Wu or Yue Tomb in Hangzhou). *Kaogu*. 1975(3):153 - 157, illus. Hebei Cultural Properties Board, Hebei Provincial Museum. Liaodai Caihui Xingtu Shi Woguo Tianwenshishang de Zhongyao Faxian 辽代彩绘星图是我国天文史上的重要发现(The Liao Period Star Map, an Important Discovery in the History of Chinese Astronomy). *Wenwu*. 1975(8):40 - 44. [See also Edward H. Schafer. An Ancient Chinese Star Map. *J. Brit. Astron. Ass*. 1977(87):162 - JM.] Purple Mountain Observatory Ancient Astronomy Study Group, Academia Sinica, and the Changshu District Cultural Affairs Office. Changshu Shike Tianwentu 常熟石刻天文图(The Stone-relief Star Map from Changshu). *Wenwu*. 1978(7):68 - 73; Che Yixiong 车一雄 and Wang Dechang. Changshu Shike Tianwentu. *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji*. 178 - 228. Putian District Cultural Affairs Office, Fujian Province. Hanjiang Tianhougong de Mingdai Xingtu 涵江天后宫的明代星图(The Ming Star Map from the Tianhou Palace, Hanjiang). *Wenwu*. 1978(7):74 - 76.

reproduced in two forthcoming volumes compiled by the Institute of Archeology of the Chinese Academy of Social Sciences: *An Illustrated Record of Chinese Astronomical Artifacts and Collected Essays on Chinese Astronomical Artifacts*. ㊷

In addition, the Shanghai Planetarium made a thorough study of our most famous star map, the Song stone planisphere from Suzhou. ㊸ *Charts and Tables for Sino-Western Comparison of Fixed Stars*, based on the Qing *Yixiang kaocheng* and compiled by the Beijing Planetarium (presently in draft form), will make available a convenient research tool for the study of the history of Chinese astronomy. ㊹

The Shaanxi Observatory, the Tianjin Latitude Station, Huanan Normal University, and the Institute of Geography at Academia Sinica have undertaken separate studies of several large surveys conducted under Tang, Yuan, and the (Qing) Kangxi (1661—1722) and Qianlong (1736—1795) reigns, which used celestial positions for navigation and surveys of the earth. ㊺ The Beijing Observatory and Huanan Normal University have undertaken studies of the astronomical knowledge in use during the time of Zheng He's voyages. ㊻

Ancient Instruments and Observatories

Around the time of the founding of the People's Republic, the then vicechancellor of Qinghua University published two papers introducing historical and water-driven celestial globes and armillary spheres. ㊼ For the opening of the Chinese Historical Museum in Beijing in 1959, a set of astronomical instruments, including the celestial globe and armillary sphere that stand on ei-

---

㊷ *Zhongguo Tianwen Wenwu Tulu* 中国天文文物图录; *Zhongguo Tianwen Wenwu Wenji* 中国天文文物文集.

㊸ Pan Nai 潘鼐. Suzhou Nan-Song Tianwentu Bei de Kaoshi yu Pipan 苏州南宋天文图碑的考释与批判 (Studies on the Southern Song Stele Engraved with a Planisphere, Preserved at Suzhou). *Kaogu Xuebao*. 1976(1):47 - 61, English summary p. 62

㊹ *Zhongxi Duizhao Hengxing Tubiao* 中西对照恒星图表, based on the *Yixiang Kaocheng* 仪象考成.

㊺ Shaanxi Observatory History of Astronomy Group. Woguo Lishishang Diyici Tianwen Dadi Celiang Jiqi Yiyi—Guanyu Zhang Sui (Seng Yixing) de Ziwuxian Celiang 我国历史上第一次天文大地测量及其意义——关于张遂(僧一行)的子午线测量. *Tianwen Xuebao*. 1976, 17(2):209 - 216 (English summary. The First Astronomical Geodedic Survey in the History of China and Its Significance—Concerning Zhang Sui's (I-Hsing's) Meridian Measurement. 216). (Tianjin) Li Guoqing 厉国青 *et al*. Yuanchao de Weidu Celiang 元朝的纬度测量 (Determination of Latitudes in the Yuan Dynasty). *Tianwen Xuebao*. 1977, 18(1):129 - 137, with English summary.

㊻ See Yan. Qianxing shu (cit. n. 5). [Admiral Zheng He made several imperially sponsored voyages of discovery to the South Seas, the Indian Ocean, and the east coast of Africa in the early 15th cent. See Joseph Needham, *Science and Civilisation in China*, Vol. IV, Part 3 (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1971), 487 - 494 - JM.]

㊼ Liu Xianzhou, in *Jixie Gongcheng Xuebao* 机械工程学报 1953, 1(1) and 1954, 2(1). See also Liu, works cit. n. 3. [See also Joseph Needham, Wang Ling, and Derek J. DeSolla Price, *Heavenly Clockwork* (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1960 - JM.)]

ther side of the main door, was restored under the direction of Wang Zhenduo, who also supervised the construction of a model of the Song water-driven armillary sphere of Su Song. Although constructed only to one-fifth scale, the model was still over three meters high. ㊽ In recent years the Shaanxi Observatory has thoroughly investigated the development of ancient astronomical instruments from the point of view of history of technology, ㊾ and the Shanghai Observatory has made painstaking studies of timekeeping instruments. Li Jiancheng of the Beijing Planetarium has also written about sundials. ㊿

In 1965 a collapsible bronze sundial was discovered in the Eastern Han tomb in Yizheng County, Jiangsu. It consisted of a gnomon measuring 19.2 centimeters (8 Han inches) and a shadow template measuring 34.5 centimeters (15 Han inches). 51 The shadow template bore incised calibrations to indicate feet and inches. When not in use as a sundial, the two parts could be unfolded to lie flat for use as a ruler. For use as a sundial, the gnomon was raised and set upright in the sunlight at noontime so as to cast its shadow across the shadow template extended to its north. On the basis of changes in the length of the shadow, one could calculate seasonal divisions and the length of the year. 52 In addition, three bronze clepsydras from Western Han times have been recently discovered: in Mancheng, Hebei; in Xingping, Shaanxi; and in Yikezhaomeng, Inner Mongolia. 53

The discovery in the Han tomb at Mawangdui of the silk manuscript provisionally entitled "Prognostications of the Five Planets" not only provides important material for understanding ear-

---

㊽ Wang Zhenduo 王振铎. Jiekai Woguo "Tianwenzhong" de Mimi 揭开我国天文钟的秘密(Unlocking the Secrets of China's "Heavenly Clocks"). *Wenwu Cankao Ziliao* 文物参考资料. 1958(9):5-9.

㊾ Shaanxi Observatory History of Astronomy Group. Zhongguo Lidai Tianwen Yiqi Gaishu 中国历代天文仪器概述 (A general Study of Chinese Historical Astronomical Instruments; mimeographed, 1975). [For two related studies, see Liu Bingsen 刘炳森 *et al*. Luetan Gugong Bowuyuan Suocang "Qizhengyi" he "Huntian he Qizhengyi"—Jinian Gebaini Dansheng Wubainian 略谈故宫博物院所藏七政仪和浑天合七政仪——纪念哥白尼诞生五百年 (The Orrery and Armillary Sphere in the Palace Museum Collection—in Celebration of the Five-hundredth Anniversary of the Birth of Copernicus). *Wenwu*. 1973(9):40-44, Plts. 6-7; and Pan Nai. Nanjing de Liangtai Gudai Cetian Yiqi—Ming Zhi hunyi Yu Jianyi 南京的两台古代测天仪器——明制浑仪和简仪 (Two Ancient Instruments for Astronomical Observation (now) at Nanjing—the Ming Armillary Sphere and the "Simplified Instrument"). *Wenwu*. 1975(5):84-89-JM.]

㊿ Li Jiancheng 李鉴澄: in *Kejishi Wenji: Tianwenxueshi Zhuanji*. First Series (1978), 31ff.

51 A Chinese "inch" (*cun* 寸) is 1/10 of a Chinese "foot" (*chi* 尺)—JM.

52 Nanjing Museum. Dong-Han Tong Guibiao 东汉铜圭表(An Eastern Han bronze gnomon). *Kaogu*. 1977(6):407-408, illus. on p. 406.

53 Mancheng Hanmu Fajue Jiyao 满城汉墓发掘纪要(Report on the Excavation of a Han Tomb at Mancheng). *Kaogu*. 1972(1):8-18, 28; esp. p. 13; see also *Mancheng Hanmu* (Beijing: Wenwu Chubanshe, 1978), p. 78. Shaanxi Xingping Hanmu Chutu de Tong Louhu 陕西兴平汉墓出土的铜漏壶(A bronze Clepsydra Foundin a Han Tomb at Xingping, Shaanxi). *Kaogu*. 1978(1): 70. Yikezhaomeng Cultural Affairs Station. Neimenggu Yikezhaomeng Faxian Xi-Han Tonglou 内蒙古伊克昭盟发现西汉铜漏(A Western Han Bronze Clepsydra Discovered at Yikezhaomeng, Inner Mongolia). *Kaogu*. 1978(5):317.

ly Chinese conceptions of planetary motion, but also helps investigations of the origins of Chinese armillary spheres.㊴ Some consider the "diviner's board" found in the tomb of the Marquis of Ruyin in Fuyang, Anhui, to be proof that the armillary sphere developed from the celestial globe.

Related to studies of astronomical instrumentation are those of the places of astronomical observation—studies of ancient observatories. While the Beijing Planetarium was conducting extensive research in ancient astronomical observations, they discovered that the gnomon on the Ming bronze sundial (formerly part of the old Beijing Observatory and now at the Purple Mountain Observatory in Nanjing) was scaled to the length of a "celestial foot" as employed in the Zhengtong reign period (1436—1449), one foot being equal to 24.525 centimeters. On the basis of further investigation, this length was found to be the "small foot" (used for ritual measures) of the Sui and Tang dynasties and passed down by the Song and Yuan dynasties. Its forerunner was the "iron foot" of the Later Zhou (557—580). Those investigations provide a basis for determining the size and calibration of astronomical instrumentation since the time of the Northern and Southern dynasties (420—589).㊵

In 1974 and 1975 the Institute of Archeology of the Academy of Social Sciences discovered the ruins of the Lingtai, the national observatory of the Eastern Han dynasty (25—220), in present-day Yanshi County, Henan, originally the suburbs of the capital of Luoyang. The platform was constructed of tamped earth to a height above ground level of over eighteen meters.㊶ In 1975 the Henan Cultural Affairs Department and the Cultural Affairs Office of Dengfeng County restored the earliest known astronomical edifice in China: the Dengfeng Observatory.㊷ In 1961 the Council of State listed this site for priority restoration as an important national cultural

---

㊴ Xi Zezong. Zhongguo Tianwenxueshi de Yige Zhongyao Faxian—Mawangdui Hanmu Boshu zhong de "Wuxingzhan" 中国天文学史的一个重要发现——马王堆汉墓帛书中的"五星占" (An Important Discovery for the History of Chinese Astronomy—the Silk Document Known as "Wuxingzhan" (Prognostications of the Five Planets) from the Han Tomb at Mawangdui). *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji*. p. 14 – 33. Xu Zhentao 徐振韬. Cong Boshu "Wuxingzhan" Kan "Xian Qin Hunyi" de Chuangzhi 从帛书"五星占"看"先秦浑仪"的创制 (The Origin of the "Pre-Qin Armillary" as Seen from the Silk Document Entitled "Wuxingzhan"). *Kaogu*. 1977(2):89 – 94, illus. p. 84; *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji*. p. 34 – 47. [See also other articles in *idem*, p. 1 – 13, 48 – 65 – JM.]

㊵ Yi Shitong. Liangtian Chi Kao 量天尺考 (On the "foot" used in celestial measurements). *Wenwu*. 1978 (2):10 – 17.

㊶ Luoyang Work Team, Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences. Han-Wei Luoyang Cheng Nanjiao de Lingtai Yizhi 汉魏洛阳城南郊的灵台遗址 (The Remains of the Lingtai of the Han and Wei Dynasties Discovered on the Southern Outskirts of Luoyang). *Kaogu*. 1978(1):54 – 57. [For the Lingtai – "Estrade of the Numena"—as an Observatory and a Ritual Building, see Edward H. Schafer. *Pacing the Void* (Berkeley: Univ. California Press, 1977), 13 – 14 – JM.]

㊷ Zhang Jiatai 张家泰. Dengfeng Guanxingtai he Yuanchu Tianwen Guance de Chengjiu 登封观星台和元初天文观测的成就 (On the Observatory Platform at Dengfeng and the Achievements of Astronomical Observation in the Early Yuan). *Kaogu*. 1976(2):95 – 102; reprt. in *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji*, p. 229 – 241. [This observatory platform contains a forty-foot (*chi*) gnomon, erected by Guo Shoujing in 1279 – JM.]

property. The faculty of the Inner Mongolia Normal College is now considering plans to restore the Dadu Observatory of the Yuan dynasty.

Astronomers and Astronomical Thought

Since humanity is the focus of knowledge, it would not do to concentrate on things and ignore people in the study of the history of astronomy. In the last thirty years, workers in the history of astronomy, employing the viewpoint of historical materialism, have undertaken thorough studies of a number of accomplished astronomers in history with monographs devoted to Zhang Heng, Zu Chongzhi, Yixing, Shen Kuo, and Guo Shoujing. [58] In addition research has been published on several lesser known astronomers from among the masses such as Luoxia Hong, Cao Shiwei, Wei Pu, Wang Xichan, and Wang Zhenyi. [59]

In the area of astronomical thought very few systematic studies had appeared since *The World-Conception of the Chinese*. [60] In the last thirty years there has been considerable research on this subject in China, with monographic studies devoted to the *Gaitian*, *Huntian*, and *Xuanye* theories, accompanied by considerable debate. [61] Even more laudable has been the destruction of

---

[58] Lai Jiadu 赖家度. *Zhang Heng* 张衡 (Shanghai: Renmin Chubanshe, 1962). Li Di 李迪. *Zu Chongzhi* 祖冲之(Shanghai: Renmin Chubanshe, 1977). Li Di. *Tangdai Tianwenxuejia Zhang Sui* (*Yixing*)唐代天文学家张遂(一行) [Shanghai: Renmin Chubanshe, 1964; also *Yixing* (expanded rev. ed. of preceding; Beijing: 1977), and Shaanxi Obs., "Zhang Sui" (cit. n. 45)]. Zhang Jiaju 张家驹. *Shen Kuo* 沈括 (Shanghai: Renmin Chubanshe, 1978). Li Di. *Guo Shoujing* 郭守敬(Shanghai: Renmin Chubanshe, 1966).

[59] Lu Zijian 鲁子建. Luoxia Hong 落下闳(Sichuan Sheng Zhexue Shehuikexue Yanjiusuo *Ziliao*). 四川省哲学社会科学研究所"资料"(*Research Materials* of the Sichuan Provincial Institute of Philosophy and Social Sciences). 1977(3):34. Zhou Ji 周济, articles on Cao Shiwei 曹士芳 in *Xiamen Daxue Xuebao* 厦门大学学报, 1979(1):126; and *Lishixue* 历史学. 1979(6):89. Article on Wei Pu 卫朴 in *Wenhuibao* 文汇报, 23 Oct. 1974. Xi Zezong. Shilun Wang Xichan de Tianwen Gongzuo 试论王锡阐的天文工作(On Wang Xichan's Achievements in Astronomy). *Kexueshi Jikan*. 1963(6):53 – 65. [See also N. Sivin, "Wang Hsi-shan". *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. XIV (New York: 1976) 159 – 168 – JM.] Qi Zhifen 戚志芬, article on Wang Zhenyi 王贞仪 in *Guangming Ribao* 光明日报, 9 Mar. 1960.

[60] Alfred Forke. *The World-Conception of the Chinese: Their Astronomical, Cosmological, and Physico-philosophical Speculations* (London: Arthur Probsthain, 1925; repr. New York: Arno Press, 1975; Japanese trans. *Shina shizenkagaku shisōshi* 支那自然科学思想史).

[61] *Gaitian* 盖天; *huntian* 浑天; *xuanye* 宣夜. [For brief accounts of these cosmological theories, see Shigeru Nakayama, *A History of Japanese Astronomy: Chinese Background and Western Impact* (Cambridge: Harvard Univ. Press, 1969), 24 – 39 – JM.] Qian Baozong, "Gaitianshuo Yuanliu Kao 盖天说源流考" (A Study of the Origins of the Gaitian Theory), *Kexueshi Jikan*, 1958(1):29 – 46. Xi Zezong. Gaitianshuo he Huntianshuo 盖天说和浑天说(The Gaitian and Huntian Theories). *Tianwen Xuebao*. 1960, 8(1):80. Tang Ruchuan 唐如川. *Kexueshi Jikan*. 1962(4):47. Zheng Wenguang. Shilun Huntianshuo 试论浑天说(On the huntian theory). *Zhongguo Tianwenxueshi Wenji*. 118 – 142. See also Chen Jiujin (p. 59ff.) and Zheng Wenguang (p. 44ff.) in *Kejishi Wenji: Tianwenxueshi Zhuanji*, First Series (1978), and Xi Zezong in *Ziran Bianzhengfa Zazhi* 自然辩证法杂志, 1975(10):70.

the pre-1949 tradition of concentrating attention on astronomers and astronomical treatises. Pathbreaking studies have been undertaken of astronomical thought found in belles-lettres, Philosophy, and medical texts, recovering many meaningful vestiges from such writings as Qu Yuan's "Tian wen", the "Tianlun" of Xunzi, Wang Chong's *Lunheng*, the *Tiandui* of Liu Zongyuan, Zhang Zai's *Chengmeng*, Deng Mu's *Boya qin*, and the "Tianrui" chapter of *Liezi*. [62]

The Origins of Astronomy

Some painted-pottery shards (from approximately 3000 B.C.) unearthed between 1972 and 1975 at the Daho Village excavations in Zhengzhou, Henan, were painted beautifully and precisely with the sun and its rays, the moon, and the constellations. For example, four fragments of a solar design, once glued back together, formed two round suns surrounded by rays. Since the angle of the arc between the centers of two adjacent suns is 30 degrees, one can infer that the diameter of the vessel was 30 centimeters and that around the shoulder of the pot were a total of twelve suns. On another vessel reconstructed from shards recovered from the same site, solar haloes were represented outside a set of four flashing solar rays, each painted as two symmetrical belt-like arcs. The outside edges of the arcs have rays and the ends of the arcs have circles. Since the angle between the centers of two adjacent solar haloes was 90 degrees, one can infer that a total of four such haloes had been painted around the interior of the pot. These artifacts are from the third cultural period in Daho Village and represent the late Yangshao culture of roughly 5 000 years ago. [63]

Two *zun* wine jars belonging to the slightly later Dawenkou cultural complex (roughly 4 500 years ago), have been unearthed, one in Ju County, Shandong, in 1960, and one in Zhucheng Shandong, in 1973. Both bore the glyph . The one found at Zhucheng was still smudged with

---

[62] For one such study see Zheng Yanzu 郑延祖. Zhongguo Gudaide Yuzhou Lun 中国古代的宇宙论(Ancient Chinese Cosmological Theories). *Zhongguo Kexue*. 1976, *19*(1): 111 – 119. ["Tian Wen 天问" (Questions about Heaven), traditionally attributed to Qu Yuan 屈原, 3rd cent. B.C., but probably 4th cent. or earlier, in the poetry anthology *Chu Ci* 楚辞(Elegies of Chu); see David Hawkes, *Ch'u Tz'u: The Songs of the South* (Boston: Beacon Press, 1962), p. 45 – 58. "Tianlun 天论" (Discussions of Heaven), Ch. 17 of the *Xunzi* 荀子, 3rd. cent. B.C.; see Homer Dubs, trans., *The Works of Hsüntze* (London: Arthur Probsthain, 1928), Vol. I, p. 173 – 185. Wang Chong 王充, *Lunheng* 论衡 (Discussions weighed in the balance), ca. 82 B.C.; see Alfred Forke, trans. *Lun Heng: Philosophical Discourses of Wang Chung*, 2 vols. (Shanghai: Kelley & Walsh, 1907, 1911); see also Needham, *Science and Civilisation in China*, Vol. II (1956), p. 368 – 386. Wang Chong, as an early skeptic and "materialist", is a Chinese philosopher now much admired in the People's Republic. "Tiandui 天对" (Answers about Heaven), by Liu Zongyuan 柳宗元, ca. 800. Zhang Zai 张载, *Zhengmeng* 正蒙(Right teachings for youth), c. 1060. Deng Mu 邓牧, *Boya Qin* 伯牙琴(The lute of Master Boya), 13th cent.; for a brief excerpt and discussion of a passage on cosmology from this work, see Needham, *Science and Civilisation in China*, Vol. III (1959), p. 221. "Tianrui 天瑞" (Heaven's gifts), Ch. 1 of *Liezi* 列子(ca. 1st cent. B.C.E. or later); see A.C. Graham, trans., *The Book of Lieh-tzu* (London: John Murray, 1960), p. 14 – 31 – JM.]

[63] Zhengzhou City Museum Excavation Study Group, in *Henan Wenbo Tongxun* 河南文博通讯, 1978(1): 44

reddish pigment. Some have interpreted the gylph for the character for dawn, "*dan*", which is probably correct.

In the "Canon of Yao" of the *Book of Documents*, it is written:

> And then he [Yao] charged Xi and He reverently to follow the august Heaven and calculate and delineate the sun, the moon, and (the other) heavenly bodies, and respectfully give the people the seasons. Separately he charged Xi Zhong to reside in Yuyi (at the place) called Yanggu, respectfully to receive as a guest the rising sun.... [64]

This passage suggests that in the time of Yao (traditionally, late 3rd millenium B. C., i. e., roughly contemporary with the Dawenkou culture) there already existed a specialized office of astronomy responsible for observations and seasonal adjustments. Xi Zhong was charged solely with overseeing sacrifices to the dawn in the eastern lands of Yuyi and Yanggu to assure successful harvests. In ancient times Shandong was called the region of Dongyi, and the correspondence of the names Yuyi and Dongyi (Eastern Yi) suggests that Yuyi may well be Shandong. Ju County and Zhucheng are both located on the coast, the easternmost section of China proper, and thus well suited "respectfully to receive as a guest the rising sun". It was precisely in this area that ancient vessels for celestial sacrifices and writings that reflect agricultural affairs and celestial phenomena were discovered. [65] Taken with the above passage from the *Book of Documents*, this is a most remarkable coincidence.

What sort of men were Xi He and Xi Zhong? Zheng Wenguang in "The Origins of Astronomy in Ancient Chinese Legends" speculates that Xi He was originally thought to be the god in charge of the sun and later was transformed into an official responsible for the calendar. [66] Still later, in order to personify the four cardinal directions, Xi He was split into four individuals: Xi Zhong, Xi Shu, He Zhong, and He Shu. In the article Zheng also discusses Chang Xi Zhong Li, Kua Fu chasing the sun, Hou Yi shooting the (nine superfluous) suns and other questions. Studying legends from the point of view of astronomy and using legends to study the origins of astronomy is very profitable, and Zheng Wenguang has also written a most interesting book along these lines, *Sources of Chinese Astronomy*. [67]

---

[64] Trans. from Bernhard Karlgren. The Book of Documents. *Bulletin of the Museum of Far Eastern Antiquities*, 1950(22):1-81, 3; slightly modified, romanization converted to *pinyin* - JM.]

[65] See Shao Wangping 邵望平. Yuangu Wenming de Huohua—Taozun shang de Wenzi 远古文明的火花——陶尊上的文字 (Glimmerings of Archaic Culture—an Inscription on a Pottery *Zun* Vessel). *Wenwu*. 1978(9):74-76.

[66] Zheng Wenguang. Cong Woguo Gudai Shenhua Tansuo Tianwenxue de Qiyuan 从我国古代神话探索天文学的起源. *Lishi Yanjiu*. 1976(4):61-68.

[67] Zheng Wenguang. *Zhongguo Tianwenxue Yuanliu* 中国天文学源流. Beijing: Kexue Chubanshe, 1979.

Conclusion

In the first fifty years of the twentieth century numerous scholars were already investigating the history of astronomy. But all of them were proceeding according to their own preferences, struggling in isolation. This effort was very scattered, and the results obtained were minimal. If we compare the next thirty years with the first fifty, the superiority of the socialist system is obvious. General surveys of sources for the history of astronomy were difficult to carry out in the old society. In these last thirty years the scope of research has broadened and the results have been substantial. Naturally, we cannot take satisfaction in the current state of affairs. The archaeoastronomy that has recently arisen as a field abroad and research in the history of modern astronomy, with its close links to the Four Modernizations,[68] still remain empty slates that can be filled only by organized effort. As for directions of research, in the past we have emphasized the scholarly preparation of documents and the popularization of accomplishments. We have seldom taken stock of our experience from the methodological point of view. These are matters with respect to which our standard has still to be raised.

〔This paper was published in ISIS (Philadelphia) Vol. 72,No.263,1981〕

---

[68] The policy of the Four Modernizations, announced in March 1978, calls for China's full modernization in science and technology, agriculture, industry, and defense by the year 2000 – JM.

郭守敬的天文学成就及其意义

今年是我国古代著名的天文学家、水利学家郭守敬诞生750周年和他的授时历颁行700周年。郭守敬曾经在北京(当时叫大都)长期居住和工作,并且为北京增辟水源和运粮问题做出过杰出贡献。现在从北京到通县的通惠河就是郭守敬为解决南粮北运主持修凿和命名的;北京市给水工程用的京密引水渠,自昌平经昆明湖到紫竹院一段,基本上也还是沿着郭守敬当初开辟的水路。饮水思源,今天在北京,五个学会(中国科技史学会和北京市天文、地理、水利、测量学会)联合纪念郭守敬,是很有意义的。

郭守敬,字若思,今河北邢台人,生于宋绍定四年,卒于元延祐三年,从公元1231年到1316年,享年86岁,是一位高寿的科学家。这位科学家出身于知识分子的家庭,幼年时在河北磁县紫金山中,向刘秉忠学习过天文和水利。十五六岁时,即能按照书上的画图,制作天文仪器;21岁负责他家乡邢台城北面的石桥工程,做得很出色,为此,当时著名文学家元好问曾经写了一篇文章来记述这件事。

从元中统三年(1262),也就是元世祖忽必烈夺取皇位的第三年起,郭守敬入仕做官,在元朝政府的直接领导下从事科学活动,一直到他去世为止。由于推荐人张文谦说他"习知水利,巧思绝人",郭守敬在为官的早期与晚期,都是主管水利方面的工作,先后修治河渠水道数百余处,对发展农业生产起了重要作用,只是在中间一段主管天文,而在这一段所取得的成就也最为突出,如果称他为13世纪最伟大的天文学家也并非过誉。

至元十三年(1276)夏天,郭守敬46岁的时候,元朝政府决定改革历法,调王恂、郭守敬主持其事。郭守敬认为,要创制一部好的历法,首先要进行天文观测,而观测又离不开仪器,于是他首先抓制造仪器的工作。经过他自己的刻苦钻研,先后设计、制造了近20种天文仪器,其中简仪、仰仪、高表、景符、正方案,皆如《元史·天文志》所说:"臻于精妙,卓见绝识,盖有古人所未及者。"简仪是对传统的浑仪进行了革命性的改革而成的,它的设计和制造水平在世界上领先300多年,直至1598年欧洲著名天文学家第谷发明的仪器才能与之相比。仰仪是用针孔成像原理,把太阳投影在半球形的仪面上,从而直接读出它的球面坐标值。高表是把传统的八尺表加高到四丈,使得在同样的量度精度下,误差减少到原来的五分之一。景符是高表的辅助仪器,它利用针孔成像原理来消除高表影端模糊的缺点,提高观测精度。正方案是在一块四尺见方的木板上画19个同心圆,圆心立一根表,当表的影端落到某个圆上时就记下来,从早到晚记完后把同一个圆上的两点连接起来,它们的中点和圆心的联线就是正南北方向;如果把它侧立过来,还可以测量北极出地高度,这是一种便于携带到野外工作的仪器。

用这些先进仪器武装起来的灵台,坐落在现今北京建国门附近中国社会科学院一带,内分计算、观测、时间三个局,有工作人员近百名。其设备之完善,建筑规模之宏大,工作人员之众多,当时在全世界都是首屈一指的。经过全体工作人员的努力,至1280年夏天新历制成,郭守敬等向忽必烈进行了汇报。忽必烈引用《尚书·尧典》"历象日月星辰,敬授民时"一语,将此历命名为"授时历",并决定从1281年起通行全国。授时历的主要成就是:

第一，对一系列天文数据进行实测，并对旧的数据进行检核，选用其中精密者。例如，回归年的数据取自南宋杨忠辅的统天历(1199)，朔望月、近点月和交点月的数值取自金赵知微重修的大明历(1181)和元初耶律楚材的西征庚午元历(1220)，但这些数据都是各种历法中最好的。对于二十八宿距度的测量，其平均误差不到5′，精确度较宋代提高一倍。新测黄赤交角值，误差只有1′多。

第二，废除沿用一千多年的“上元积年”和“日法”。上元是若干天文周期的共同起点，从这个共同起点到编历年份的年数叫上元积年。某一时刻测得日、月、五星的位置离各自的起点总有一个差数，以各种周期和各相应的差数来求上元积年，运算很繁，数字很大，再加上古代没有小数概念，各种周期的奇零部分都用分数表示，分数的分母(日法)又各不同，更加重了计算工作的繁重性。唐代曹士蔿曾企图废除上元积年，南宫说提出百进位小数制，但都是昙花一现，未能成功。郭守敬把这两项改革坚持到底，大大地简化了历法的计算工作。

第三，授时历用三次差内插法来求太阳每日在黄道上的视运行速度；用类似球面三角的弧矢割圆术，由太阳的黄经求它的赤经赤纬，求白赤交角，以及求白赤交点与黄赤交点的距离，这两种方法在天文史和教学史上都具有重要意义。

第四，在创制授时历的过程中，进行了一次空前规模的大地测量工作。南起南海(北纬15°)，北至北海(北纬65°)，在南北长11 000里，东西宽6 000余里的地带上，建立起27个观测站，分别测量当地冬夏至日影长度、昼夜时刻数和北极出地高度。按现代计算，除个别有疑问的地点外，北极出地高度(即纬度)测量的平均误差只有0°.35，在当时条件下，可以说是够准确的了。

清代的阮元在编《畴人传》时，对郭守敬的评语是：“推步之要，测与算二者而已。简仪、仰仪、景符、窥几之制，前此言测候者未之及也。垛叠招差、勾股弧矢之法，前此言算测候者弗能用也。先之以精测，继之以密算，上考下求，若应准绳。施行于世，垂四百年，可谓集古法之大成，为将来之典要者也。自三统以来，为术者七十余家，莫之伦比也。”阮元的这段评语，可以说写得客观、公允、符合实际。授时历是我国古代历法中最好的一个，是中国古典天文学的最高峰，清代梅文鼎、黄宗羲等许多学者都对它做过较深入的研究。从元至元十八年(1281)一直到明崇祯十七年(1644)，在我国使用了364年，是古代历法中用得最久的一个，并且传到朝鲜和日本，在那里开花结果。

朝鲜高丽王朝和李氏王朝世宗时期均使用授时历，复制简仪、仰仪等。日本于1667年由保科正之提出，以授时历取代宣明历，后经涩川春海的努力，利用授时历的原理和方法，通过实测，制成适合于日本的历法，于1684年(贞享元年)经日本天皇批准采用。涩川春海这一把授时历的普遍原理与日本具体情况相结合的做法，掀起了日本人研究授时历的高潮，在其后不到100年中，有专门著作50多种，而以建部贤弘的《授时历解议》(约1690年)最好。直到最近，日本人也还在热心地研究授时历，20世纪60年代东京大学中山茂有关授时历“岁实消长”的一系列论文发表，70年代有京都大学山田庆儿《授时历的道路》一本专著出版。现在，日本正在和美国合作，把授时历译成英文出版。一部13世纪的著作，流传如此之广，影响如此之大，是很少有的。太阳系里的小行星，月面上的环形山，都用郭守敬来命名，是当之无愧的。

考察郭守敬取得如此成就的个人因素，大致可以归纳成四点：一是从小爱好学习。当时有人说他“生有异操，不为嬉戏事”，以为他有什么天生的特性，不爱玩耍，其实，是他把心思全用在学习上，不想玩耍罢了。勤奋是成功的要素，对于任何人都是如此。二是注重实践。他的指导思想是“历之本，在于测验”。利用观测取得第一手资料是搞好历法的根本，而观测手段又是

决定观测精度和深度的根本，于是他又首先抓仪器的制造。在制作仪器的过程中，他总是先做模型，经过试验、改进，最后才用金属铸造。他的这一套以实践为第一性的思想方法和工作方法，是授时历取得辉煌成就的基础。三是对于前人的科学遗产，善于分析比较，择求它们的优缺点，有的予以接受，有的予以改进，有的予以摒弃。如回归年的长度(365.2425 日)取自杨忠辅的统天历，简仪是对浑仪的改造，烦琐无用的上元积年则予以摒弃。可以说他对前代天文学进行了批判性的总结。四是太史院同人的通力合作，同心探求。1276 年元军攻下南宋都城临安(今杭州)以后，忽必烈把金、宋两个司天监的人员集中到大都，又从各地选拔了一些新人，组成了一支强大的天文队伍。领导这支队伍的张文谦、王恂、张易、许衡和杨恭懿，又都是郭守敬在紫金山时的老朋友，他们合作得很好。不幸的是，在授时历制成前后，这些人都相继去世，整理资料、总结经验、著书立说的工作，都落在郭守敬一人肩上。因而我们今天往往把授时历的成就归在郭守敬一人名下。

马克思说，一切科学工作，一切发现，一切发明，都是部分地以今人的协作为条件，部分地又以对前人的劳动的利用为条件。授时历的成就正是如此取得的。今天，我们纪念郭守敬诞生 750 周年和授时历颁行 700 周年，就是要总结授时历作者们的这些成功经验，以为借鉴，把我国的现代天文事业迅速搞上去。

郭守敬的成就是我们民族的骄傲，但是正如邓小平同志在全国科学大会上所说："我们祖先的成就，只能用来巩固我们赶超世界先进水平的信心，而不能用来安慰我们现实的落后。"今天我们在新长征的起点上缅怀前贤，目的就是要把往昔的光荣作为对今日的激励，立壮志，下决心，鼓干劲，攀高峰，争取在不久的将来把祖国在天文学上的领先地位重新夺回来，为人类做出较大的贡献。

〔原刊《纪念元代卓越科学家郭守敬诞辰
750 周年论文集》(北京)，1981〕

初访日本科学史界

承蒙日本学术振兴会邀请，我于1981年4月1日至6月30日到日本访问，了解他们的科学史研究和教学情况。时间虽然只有短短的三个月，但日本朋友们的努力工作、严格律己、热情好客、以诚相见给了我以深刻的印象，使我永远难忘。现就所见所闻，略述一二，以飨国内同好。

一

这次旅日，以在京都居住时间最长。京都是日本从公元794年到1868年（明治维新）之间一千多年的首都。明治维新以后虽迁到东京，但这里仍是一个国际著名的文化城市。京都大学创办于1897年，比东京大学晚20年，是日本第二个最老的大学，论规模也居第二，但在有些方面，例如理论物理、中国科学史等方面，则居第一位。

以中国为研究对象的东方文化研究所成立于1929年。在此以前，京大天文学教授新城新藏（1893—1938）和地质学教授小川琢治（1870—1941），已在中国天文学史和中国地理学史方面取得重要成就。前者著有《东洋天文学史研究》，后者著有《支那历史地理研究》两卷。这两部书都是1928年出版的。东方文化研究所成立以后，能田忠亮和薮内清在天文学史方面的工作很出色，他们的著作《东洋天文学史论丛》、《隋唐历法史研究》、《中国的天文历法》等至今均为研究中国天文学史的必读文献。此外，在薮内清的主持下集体编写的《中国古代科学技术史研究》（1959）、《中国中世纪科学技术史研究》（1963）、《宋元时代的科学技术史》（1967）和《明清时代的科学技术史》（1970）都是具有相当水平的对中国科技史的系统研究。

第二次世界大战后，1948年东方文化研究所扩建为人文科学研究所。现在这个研究所分为三个部：东方部、西洋部和日本部。东方部在北白川原来的地方，西洋部和日本部设在百万遍的南边一个新盖的四层大楼中。西洋部内现在还没有研究科学史的人，日本部主任吉田光邦则是技术史专家，著有《日本科学史》、《技术和日本的近代化》和《两洋的眼》（幕末明治的文化接触）等书。中国科学史研究室属东方部，虽正式编制只有两人（山田庆儿教授和助手田中淡），但采用讨论班的形式，团结了关西地区的整个科学史界，是一支很大的力量，形成了一个研究中国科学史的中心，受到全世界的注目。这个研究班目前正在研究《黄帝内经》，每星期二下午聚会一次，头一星期确定下一星期的题目，大家都做准备，但有一人要做重点准备，届时由他做报告，然后展开讨论。这样大约一年功夫，就可以把一本古典著作研究透彻，既有了日译本，也有了论文集。以往的《天工开物》研究等就是这样做出来的。

现在经常参加这个讨论班的有十余人，除班长山田庆儿（天文学史和医学史）外，还有：薮内清（京大名誉教授）、海野隆口（大阪大学教授、地图学史）、村上嘉实（《抱朴子》专家）、桥本敬造（关西大学教授、天文学史）、宫岛一彦（同志社大学副教授、天文仪器史）、赤堀昭（医学史）、山本德子（医学史）、森村谦一（本草史）、胜村哲也（人文所副教授，用电子计算机处理汉字文

献)、川原秀城(岐阜大学副教授、天文数学思想史),以及在京大进修的法国人德布尔(M. Teborl,天文学史)。田中淡(建筑史)目前正在南京工学院进修。

我在京都期间,每周也参加这一活动,并于4月27日下午作了《中国天文学史研究三十年》的报告,由竹内实教授担任翻译,效果良好,受到热烈欢迎。报告完后薮内清教授说:“中国的天文学史研究有三大特色:一是天象纪录的分析利用,二是少数民族天文历法知识的调查,三是用观测手段来验证古人的纪录”,并当场号召宫岛一彦,希望他也组织学生,做一些观测验证工作。考古学家林巳奈夫教授对于中国天文学史工作和考古文物工作的紧密结合也表示赞赏。

二

在日本,大学中设有科学史系的,只有东京大学一家。按日本学制,大学生前两年的课程都在教养部上,后两年再分到各个学部(相当于中国解放前的学院)各个系去,所以一般大学教养部只有一、二年级学生,没有三、四年级,惟独东京大学例外。东京大学不叫教养部,而叫教养学部,这一字之差,也包含着本质上的不同。东京大学把一些综合性的学科(如美国研究、国际关系、人文地理)放在教养学部成系,使它也有三、四年级学生,也有研究生,也可授予学位,科学史和科学哲学也是其中之一。东京大学科学史系现有教授二人:伊东俊太郎(比较科学史)和大森庄藏(科学哲学);副教授一人:村上阳一郎;助手一人:佐佐木力(刚从美国回国);由伊东俊太郎任主任。在国际上非常活跃的中山茂则在教养学部天文专业任教。

科学史系现有大学生15名,修士(相当于硕士)研究生15名,博士研究生12名,大部分是学习西方科学史或科学哲学,只有5个人学习与中国科学史有关的问题。6月24日下午在伊东的主持下,我曾和他们座谈一次,回答了一些问题。这5个人的姓名和专业是:八耳俊文(地学史、本草史),铃木孝典(阿拉伯科学史、东方传统科学),宫崎宰(中日数学史),下坂英(地质学史和科学教育史),楠叶隆德(印度科学史)。

由伊东主办的英文版的《日本科学史研究》,从1980年起改为国际性刊物,刊名亦改为Historia Scientiarum,他热诚欢迎中国学者投稿。

东京大学也有一个东洋文化研究所。与京都大学人文科学研究所不同的是,它研究除了日本以外的亚洲文化,但不包括科学史,规模也较小。

位于仙台的东北大学内专有一个日本文化研究设施,其中包括日本科学史研究。所以叫“施设”,是因为日本文部省(教育部)规定,不够五个教授的研究单位不能叫“研究所”,只能叫“施设”。在领导关系上,研究所隶属大学,施设隶属学部(即学院)。

三

日本研究科学史的专门机构很少,设科学史系的也只有东京大学一个,但开设科学史课程的学校却非常多。我到大阪附近的关西大学讲《战国时期关于行星和卫星的知识》,听讲者400余人。我问桥本敬造教授:“怎么有这么多人?”他说:“这只是一个班。我们关西大学同一年以内有九个班上科学史,每班都是400人左右,共约3000多人。”(按:关西大学有2万多学生。)因为有这么多人要上课,所以该大学就有四位科学史教授,除桥本外,另外三名是:友松芳郎、宫下三郎、市川米太。后来,我问宫岛一彦,他说,他所在的同志社大学(在京都)情况也是

一样的，单他一个人一年内教的学生就有1 000多。我说："在我们国家，我们建议大学开科学史，他们说要学的现代课程都多得安排不过来，哪有时间学历史！"日本朋友斩钉截铁地回答说："这正是20年前的论点，20年前在日本也是如此。现在可不同了。现在不但不把科学史当做包袱，反而是当做提高全民文化的必要措施，尤其对文科学生更是重要！"

大学普遍开设科学史课程，就得有教师。这些教师除了讲授综合科学史外，都要做一些专题研究，因而就形成了在佛教大学内有《齐民要术》专家，在外国语大学内有印度天文学史专家……我到东京时，参加欢迎会的，有许多是这样的人。再加上：(1) 日本退休年龄早，许多科学家退休后在家里搞本门科学史研究，如东京天文台的广濑秀雄、斋滕国治。(2) 日本国民文化水平普遍高，爱学习。4月22日晚上德布尔在京都日法会馆讲《马王堆帛书中的行星理论》，也有二十几个人来听，从白发苍苍的老太太到年轻小伙都有；我在东京曾遇见一位书店售货员，名叫大桥由纪夫，在勤勤恳恳地研究西藏历法。这样，各方面汇总起来就是人才齐全，队伍很大。现在日本科学史学会有500多会员，数学史学会也有200多会员，1982年8月数学史学会就要组织30人的代表团来中国访问。

四

按人口平均，日本书籍的发行量是全世界最大的，接近于美国的两倍。走在日本街上，其书店之多，书店内书籍之丰富和取书之方便，实在令人羡慕。科学史的书刊，也是琳琅满目，美不胜收。单医学史杂志就有7种：《日本医史学杂志》、《日本医史学会会报》、《药史学杂志》、《医学史研究》、《日本东洋医学会志》、《尚志》、《医学选粹》。

书籍方面，25卷本的《日本科学史大系》已出齐；10卷本的《日本古典科学全书》最近又重印出版。研究日本近代科学史而又写得较好的书则有：

1. 广重彻：《科学的社会史》(近代日本的科学体制)
2. 武谷三男编著：《自然科学概论》第一卷《科学技术和日本社会》
3. 衫本勋：《科学史》(体系日本史丛书第19册)
4. 汤浅光朝：《日本的科学技术一百年史》
5. 渡边正雄：《日本人和近代科学》
6. 辻哲夫：《日本的科学思想》(它的向独立的摸索)
7. 村上阳一郎：《日本近代科学的道路》
8. 武田楠雄：《维新和科学》

李约瑟的《中国科学技术史》前四卷6分册，已由34个人通力合作，翻译成日文，分为11册，作为第一期工程于今年年初出齐。因为李约瑟书的第5卷现在还没有出齐，他们暂时不翻译，所以把第一期工程的完成当做一件大事来宣传，出版者思索社并于4月17日晚上在京都饭店举行盛宴，招待全体译者。笔者有幸恭逢其盛，但当问到李约瑟的书在中国的翻译情况时则难以回答。

日本科学界还组织翻译了英国查理士·辛格的《技术史》，此书从远古写到20世纪50年代，规模也很大，原书7大卷，日译本分为14册出版。16开本，每册350页左右，现已出12册，1982年可以出齐。

为了发动更多的人研究科学史，朝日出版社又在组织翻译50卷本的《科学名著丛书》。作为第1期工程的10本，已陆续出版，其中第2本是《中国天文学数学集》，包括《九章算术》、《周

髀算经》、《灵宪》、《浑天仪》和《晋书·天文志》5部著作。《九章算术》刘徽注，在国外全文译出的，这还是第一次。

五

在介绍大量出版书籍的同时，如果不说说日本对旧书和资料的保存，那将是一件很不完整的事。凡是到过日本的人，都对日本对文物古迹的爱护程度感到惊讶。不少中国古籍都是在日本发现的。4月13日，由桥本敬造陪同，到奈良附近的天理图书馆参观。这样一个私立图书馆，藏书120万册，有不少世界孤本，有众多的地图，有不少天球仪，1856年至今100多年的英国《泰晤士报》一天不缺。5月13日，由宫岛一彦陪同，到大阪附近的南蛮文化馆，这也是一个私人机构，专门收藏与16世纪欧洲文化有关的美术品。日本把当时到达日本的葡萄牙人和西班牙人叫南蛮人。进去一看，利玛窦的《坤舆全图》，戴进贤的《黄道南北两总星图》，都整整齐齐陈列在那里，任你观看，任你拍照。6月11日由吉田忠陪同，到闻名世界的水泽国际纬度天文台参观，这个高度现代化的天文、地球物理机构，设有一个木村荣纪念馆，对他们这位创办人以及历届负责人和有成就的科学家的手稿和所用仪器等均妥善保存，供人参观，并为以后的历史研究提供条件。

我在京都大学人文科学研究所中国科学史研究室工作，办公室里就具备了进行科学史研究所需的基本书籍，例如，近70年的美国《Isis》杂志全套，中国《科学》杂志全套，乔治·萨顿《世界科学史引论》的原文和日译本全套，李约瑟东亚科学技术史图书馆藏书的复制件，等等。若办公室里的图书不够，再到东方部的图书馆去查。这个图书馆拥有中文书22万册，工作人员只有3人，但你填了条子不到3分钟就可以送书到手。你所需要的篇章，立刻可以复制。如果还解决不了问题，那么京都大学55个图书馆，全部对外开放，你可以任意去看，真是方便。

现在，我离开京都已经半年过去了，但对这一段生活还是很想念。事物总是要向前发展的，我相信，我们国家的科研工作也会有这么方便的一天。

〔原刊《自然辩证法通讯》，1982年第1期〕

台湾省的我国科技史研究

一

1980年10月中国科学技术史学会在北京成立以来，台湾省的科学史界异常活跃，他们在《科学月刊》1980年11月号上发表了《谈中国科技史的研究方向》，又于12月建议给文科学生普遍开设科学史课程，要使“科学成为文化的一部分，人人喜而习之，时而习之，蔚为风气”。1981年1月和2月，《科学月刊》又连续出版了两期“中国科技史专号”，发表了十几篇文章：

1. 认识中国科技史的严肃学术意义
2. 科技史研究与科技本土化
3. 中国传统科学思考特色初探
4. 漫谈指南车
5. 我国古代的火药、火器与国防
6. 中国古代的纸和造纸术
7. 从内插法到招差术（介绍古代中国人对高阶等差级数的贡献）
8. 中国古代气象仪器和气象观测工具的发明
9. 中国近代的地质学研究（上），外国地质学者在中国的调查研究
10. 民国十一年至三十八年的生物学
11. 龙泉窑——历代风格的演变及烧制技术

这些文章图文并茂，有观点，有资料。例如，《漫谈指南车》就是刘天一依据中国古籍有关指南车的记载，按原有尺寸，为台北科学馆复原了宋代燕肃的指南车，又做了20具小的电动模型分送台湾各县之后写的，很值得一读。现在台北科学馆的“中国人的科技发明展览”已经展出，其中包括天、地、生、数、理、化、农业、机械、音律、医药等各方面。又如，《民国十一年至三十八年的生物学》，作者张之杰以1922年秉志创设中国科学社生物研究所划界，认为这是国人自力更生从事近代生物学研究的开始，以后渐渐取外人的地位而代之。文中刊登了秉志先生和胡先骕先生的照片，认为在秉、胡二先生的组织、领导下，动、植物学在我国齐头并进，做出了很大贡献，培养了许多人才，尤其难能可贵的是他们建立的学风。张认为秉、胡所建立的学风有两大特色：一是专业化精神，一是本土化精神。

关于专业化精神。张认为：在传统上，我国知识分子在“学而优则仕”的影响下，大多有泛政治思想倾向，换句话说，就是想做官，不想苦守本行。我国科学发展不起来，这也是一个原因。这个时期生物学家却不如此，人人坚守岗位，发挥高度专业精神。据张统计，从1922年秉、胡崛起，到1949年全国解放，秉、胡一系的生物学者没有一人转业做官；全国解放时，秉、胡一系的生物学者也没有一个到台湾去的。

再谈本土化精神。本土化就是以乡土之爱为动力，化洋为土，使科学在本土生根、开花、结

果。从另一个角度看，本土化正是专业化的基础。不想为本土效力，又如何会在本土上坚持专业精神？这一时期生物学本土化的具体表现之一，就是特重调查和分类。从1922年到1942年，20年间，生物所植物部刊行论文百余篇，全部为分类著作；动物部刊布论文112篇，分类学占66篇。生物所重视分类学的传统，随着该所的影响而传遍全国，成为当时显学，受到世界的重视。

那么，中国科技史的研究，与当前科技本土化又有什么关系呢？《科技史研究与科技本土化》的作者洪万生回答说："通过科技史，科技工作者往往能够继承以往科学家的智慧和经验，而不仅仅是接受他们的成果，如此，科技工作者在面对科技有关问题时，常可多一分历史的洞识和借镜。对我们现阶段的科技发展而言，中国科技史的研究尤其富有现实意义。因为我们学习西方先进科技虽然已经将近四百年，但至今我们只能模制科学的形貌，而多数国人对科学的内涵和精神却始终格格不入，其根本原因或可能与近代科学不在中国产生有关！事实上，我们现在所谓的'科学'与'近代科学'是近乎同义的，而中国科技史的最大课题乃是：何以在16世纪以前，中国有极为卓越且先进的科技成就，可是相对于中古科学的近代科学，却只能在伽利略以后的欧洲发展，而不在中国产生？一旦全面地解答了此一问题，那么，对本土的科学生态条件，我们必能更深切地了解和掌握，从而对科技本土化的根本症结，我们或能做更有意义的透视！"为此，洪"诚恳呼吁有识之士关心、重视并参与科技史，特别是中国科技史的研究"，并要求在大学校园内开设"科学概论"和"中国科技史讲座"。

《谈中国科技史的研究方向》一文的作者刘广定，也和洪万生有同样的看法。他说：50年代以来，"无论在台湾或大陆的科技史著作，多偏重于我国古代科学与技术的成就。迄英人李约瑟之《中国之科学与文明》（即《中国科学技术史》）书出，由于他一再指出中国古代科技成就早于西方且优于西方，近几年来中国科技史论文的作者几乎均就此点发挥。不少人不但特别强调中国古代科技之优点，更尝试证明多种现代西方科技乃源于我国，并且还有一些人故意抹杀外国人对我国的影响及贡献。笔者觉得这些看法均有偏失，而正是当前中国科技史应检讨的课题"。刘最后说："我们研究中国科技史，不要随意附和他人，也不要颠倒黑白，甚或无中生有；陈说过去的固然重要，但找出近代衰落的根本原因，能作为当前发展科技工作改进的借鉴，则似更为重要。"

二

"不要随意附和他人"。在对待李约瑟著作的态度上，台湾的做法值得一提。李约瑟的《中国科学技术史》一开始出版，台湾报刊即纷纷评介，最有代表性的是：李乔苹从1969年4月17日到1970年3月17日用了将近一年时间，在《中央日报》副刊发表了五篇长文：《中国科学史内容概要》、《中国科学思想史》、《中国数学史大要》、《中国天文学史大要》、《中国物理学史大要》，将李约瑟著作的前四卷作了详细译介，后来又把它们辑在一起，成为《中国科学史要略》一书出版。

接着，台湾成立了李约瑟著作翻译委员会和顾问委员会。翻译委员会由陈立夫任主任，成员有孙科、董浩云、谷凤翔等，顾问委员会主任为王云五。第一卷翻译出版后，胡菊人在报纸上为文《评〈中国之科学与文明〉首卷的中译》，指出其中许多翻译上的错误，陈立夫立即公开检讨，表示以后要注意质量。按第一卷译者为黄文山，校者为陈石孚和任泰。李约瑟收到第一卷译本后，写信给陈立夫表示满意，并建议在译成中文后应将每一册分成两册出版。他们从第二

卷起接受了这个意见。前四卷,原书6册(前三卷各1册,第四卷3册),台湾中译本现在已分成11册出齐。

翻译不是目的。正如《科学月刊》1978年10月号编者的话所说:"我们不能以为将这部书译成中文,就算完成了一件大事","我们希望有更多的人注意与研究,在一二十年以后,能够出现一部对中国科技'结账式'的经典之作。"因此,台北商务印书馆决定在翻译出版李约瑟著作的同时,组织国人自著"中华科学技艺史丛书"。这套书现在已经出版了4本,即:《中华气象学史》、《中华农业史》、《中华盐业史》和《中华水利史》,每本书约20万字左右,都是从古写到今。令人遗憾的是,1949年以后的情况只写了台湾地区。只有农业史,作为附录,写了一篇"中共农业的趋势"。

对于李约瑟书中的许多观点,台湾学人也在纷纷议论。对李书做详细译介的李乔苹就不同意李约瑟扬道贬儒的观点,写了一篇《儒道两家的科学思想》,作为《中国科学史要略》一书的附录。前文提及的《谈中国科技史的研究方向》中,对李约瑟关于元军攻陷南宋首都临安(今杭州)后,宋祚还能延续50年是因为科技发达(主要是炮火)所造成的看法提出异议,认为这是一种唯武器论。事实上,人的因素更为重要,坚守静江(今桂林)的宋将马墅,与元军作战三个多月,"衣不解甲,手不释戈",连忽必烈的亲笔招降书也不理会,最后巷战而死,正是这种高涨的爱国精神才使南宋延长了时间。

"李约瑟,您错了!"《评李约瑟眼中的中国物理学思想》一文的作者,台湾新竹清华大学物理研究所研究生鲁经邦写出了这样的句子。他认为李约瑟所强调的"中国的物质观是波动的概念,建立了近代物理学的一半"这种说法很不恰当,而李氏对物理学上的"波"与"原子"亦缺乏基本的认识与了解。在古典物理学中,波是一种周期性的运动,它具有传递、介质及固定的波长等特性;波动现象不只是位移或相位的传递变化,也有能量与动量的传递,并具有干涉现象。在量子物理学中,波更具有统计的意义。可是中国的阴阳概念怎么能和这些联系起来呢?"阴阳交替"未必有一定的周期,即便是周期性的运动也不见得就是波动,因为它没有刚才所说的这些特性。如果李约瑟认为"近代物理学的一半"是波,那么另一半想必是粒子,殊不知在近代物理中,波与粒子并不是一半对一半,壁垒分明,而是你中有我,我中有你。一个小粒子在经过狭缝时也会出现干涉现象,所以德布洛伊有物质波的概念。另一方面,波的分布对于位函数是连续的,但它所传递的能量与动量却可能受到边界条件的限制,而且量子化的情况,亦即它可能对状态的分布是离散的。最后,鲁提出了一个原则性的问题,认为李约瑟犯错误的原因,在于他有一种强烈的动机——特别强调中国传统文化对近代西方科学的贡献。如果没有这种心理,他所犯的错误会少很多,而使这套书具有更高的价值。

1981年5月和6月刘广定连续发表《人尿中所得秋石为性激素说之检讨》和《补谈秋石与人尿》,企图否定李约瑟的一个重大发现。李约瑟认为,1909年德国甾体化学家温道斯(W. Windaus,1876—1959)所完成的合成性激素结晶剂的工作(彼因此而得1928年诺贝尔化学奖),中国至少在11世纪就已经做到,从而引起了生殖内分泌学界的轰动。李约瑟的根据是宋代叶梦得《水云录》中的阳炼法,即用皂荚汁沉淀大量人尿所得的"秋石"。刘认为:(1)中国所用的尿是童男、童女的尿,按《素问》记载,"天癸未至"曰男,又说"丈夫二八而天癸至,女子二七而天癸至"。古时用的是虚岁,十四五岁的男孩,十二三岁的女孩,他们的尿中性激素肯定很少。(2)不是所有的皂素配糖体(digitoxin)可以与胆固醇体相配产生沉淀,只有雌性激素(β雌二醇和雌酮)可以沉淀,这又进一步减少了可能性。(3)中国的皂荚中可能根本不含配糖体。

不管对于李约瑟的个别论点进行怎样的讨论或否定,但所有的作者一致认为:李的著作是

一部划时代的巨著，它的价值与贡献远远超过它的缺点，而他那种干劲，更是令人钦佩。

三

在台湾，不但《科学月刊》每期都有关于中国科技史的文章，属于文史哲的《大陆杂志》也几乎月月都有中国科技史的文章，就连《教育杂志》最近也在出《科技史专辑》。

现在再谈一谈书籍的出版方面。除了上述正在进行中的"中华科学技艺史丛书"以外，已经出版的书，据笔者所知有：

1. 属于科学史方面的有：

(1) 高平子《史记天官书今译》，92 页，1965 年。(2)《学历丛论》，443 页，数学所出版，1969 年。(3) 王萍《西方历算学之输入》，234 页，近代史所出版，1966 年。(4) 郑天杰《历法丛谈》，354 页，华岗出版公司，1977 年。(5) 李乔苹《中国化学史》上册(古代部分)，台北商务印书馆，1975 年修订三版；中册(近代部分)，1112 页，1978 年。

2. 属于医学史方面的有：

(1) 刘伯骥《中国医学史》上册，338 页；下册，738 页，1974 年。(2) 陈胜昆《近代医学在中国》，1978 年。

3. 属于技术史方面的有：

(1) 盖瑞忠《中国工艺史导论》，412 页，书末附铜版图 186 幅。(2) 史梅岑《中国印刷发展史》，台北商务印书馆。(3) 李书华《造纸的传播及古纸的发现》，72 页，1960 年。(4) 卢毓骏《中国建筑史与营造法式》，141 页，中国文化学院出版，1971 年。(5) 黄宝瑜《中国建筑史》，254 页，中原出版社，1973 年。(6) 李乾朗《台湾建筑史》，16 开本，306 页，北屋出版公司，1978 年。(7) 盖瑞忠《中国漆工艺的技术研究》，台北商务印书馆。(8) 邹景衡《蚕桑丝织杂考》，1980 年。

4. 属于综合方面的有：

(1)《中国科学史论文集》(一)、(二)，中华文化事业出版委员会，1958 年。(2) 郭正昭等《中国科技文明论集》，723 页，牧童出版社，1978 年。(3) 郭正昭《中国科学史目录索引》第一辑，337 页，环宇出版社，1978 年。(4)《中国科技史演讲汇编》。

5. 属于科学家方面的有：

(1) 蔡仁坚《古代中国的科学家》，景象出版社。(2) 方豪《利马窦传》。(3) 方豪《李之藻研究》。(4)《影响我国维新的几个外国人》("传记文学丛书"之 47，) 1971 年。(5)《詹天佑传》。(6)《李仪祉传》。

6. 大陆书籍在台湾重印的有：

(1) 李俨《中算史论丛》(一)、(二)、(三)、(四上)、(四下)共五册，1977 年。(2) 李俨《中国算学史》，1974 年。(3) 李俨、杜石然《中国古代数学简史》。(4) 张秀民《中国印刷术的发明及其影响》。(5) 朱士嘉《中国地方志综录》。

这些书在重印时往往将作者的名字作了一些更改，如李俨改为李子严或李人言，张秀民改为张民。从这一点上也可以看出台湾与大陆进行学术交流是必要的。

四

他们还对中国古籍大量重印，为海内外的研究者提供了方便，并且赚取了大量的外汇。

抗日战争前，1934 年至 1935 年商务印书馆出版的《四库全书珍本初集》，从 1971 年起在台湾继续出版，现在已出至第 11 集。单在 1973 年出的第四集中就有与天文、数学有关的 17 种，其中包括 120 卷的《开元占经》和 42 卷的《历象考成》等。

文海出版社出“中国水利要籍丛书”，共分五集，已出第一集 22 册，第五集 50 册。

成文出版社 1973 年起出“中国方志丛书”，至今已重版有 1000 多种地方志。

其他如“皇汉医学丛书”（共 14 册）、“中国子学名著集成”（100 本，第 96 本为《梦溪笔谈》）、《道藏精华》、《大藏经》、“中国历史要籍丛书”、“中国近代史资料”等大部头书籍中，都含有许多科学史资料。而这些书籍布面精装影印以后，使用起来就很方便。我在日本各大图书馆和许多学者家中，都看到了这些影印的书籍，而祖国大陆上却几乎还见不到，这说明海峡两岸的中国人进行交往是必要的。我们欢迎台湾的科学史工作者到大陆来参观、访问和进行学术交流，并进行研究课题合作，为提高我国的科学史研究水平而共同努力。

〔原刊《中国科技史料》，1982 年第 1 期〕

中国科学思想史的线索

一 前 言

许多有成就的科学家都非常重视科学思想史的研究，从中汲取营养。无产阶级革命导师们在创立和发展马克思主义的过程中，也对科学思想史作过深刻的研究。在国外，科学思想史的书籍很多。可是在国内，这项工作还没有受到应有的重视。尤其是中国科学思想史，可以说尚是一块未开垦的处女地。本文的目的是提出一些设想，引起注意，希望能有较多的人来参加这一工作。

任务 科学思想史研究的任务可以分以下五个互相联系的方面：

第一，以自然科学发展的各个阶段为对象，研究每个阶段人们对自然界有哪些主要的看法（自然观），对自然科学有哪些主要的看法(科学观)；这些看法与当时的阶级斗争、生产斗争和科学发展水平有什么关系，与当时的各种哲学派别有什么关系，以及对当时和后来的科学发展所起的影响。

第二，以人为对象，研究重要的科学家所处的社会环境，所受的教育，所受的哲学学派的影响，做出重大贡献时的思想过程和研究方法。

第三，研究自然科学中一些基本概念的形成和发展。科学上的飞跃，往往开始于新概念的出现。

第四，研究自然科学中一些重要理论的形成过程，包括建立步骤和经历的曲折道路，以及今天所达到的水平。

第五，研究建立科学概念和科学理论时所使用的方法。

意义 当前我们的历史任务是尽快实现四个现代化。在“四化”中，科学技术现代化是关键。而研究中国科学思想史，对于实现我国科学技术现代化具有十分重要的意义。

第一，要想把科学技术迅速搞上去，就得重视自然科学理论的研究。恩格斯说：“一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。”[1]而对于科学家来说，学习科学思想史就是提高理论思维能力的一个重要途径。

第二，科学思想的发展过程，是形成认识论的一个知识来源。以大量科学思想的历史事实为基础，通过周密研究，来判明唯物论与唯心论孰是孰非，辩证法与形而上学孰优孰劣，唯心论和形而上学在一定条件下起过什么样的进步作用，这对于丰富和发展马克思列宁主义的认识论，以及克服在“四人帮”影响下哲学研究中的教条主义倾向，都是有帮助的。

第三，通过各个历史时期哲学与科学的关系的研究，以及对历史上有成就的科学家的世界观和思想方法的研究，具体地说明各种哲学派别对科学发展的影响，一个科学家取得卓越成就的思想基础，使我们的科学研究少走弯路。

第四，恩格斯说：“如果理论自然科学想要追溯自己今天的一般原理发生和发展的历史，它

也不得不回到希腊人那里去，而这种见解愈来愈为自己开拓了道路。”[2]现代自然科学理论应用和借鉴古代科学思想的事例是屡见不鲜的。

第五，现在一讲自然观和科学方法，总是言必称希腊和欧洲，很少谈到中国。问题是我们研究得不够。如果我们把中国科学思想史这个空白填补起来了，就可以更深刻地了解中国古代科学的特点，为科学技术现代化服务，同时对世界科学史也是一个贡献。

第六，1974年“四人帮”搞的评法批儒，严重地破坏了中国科学思想史的面目。“四人帮”硬说诸子百家实际上是儒法两家，把春秋战国时期丰富多彩的哲学思想（包括自然观），篡改得单调干瘪，面目全非，甚至捏造出儒法斗争延续两千多年一直到现在还要影响到将来的谎言。我们对历史上各个哲学派别的自然观、科学观，实事求是地给以研究，还历史以本来面目，这也是有现实意义的。

二　神话传说中的原始自然观和科学观

原始社会时期，人们的自然观和科学观往往是通过神话传说的形式留下来的。盘古开天地，女娲用黄土造人，这可以说是当时的天体演化学说和生命起源理论。南方多雨，北方常旱，这是因为南方有雨师应龙，北方有旱神女魃；山有山神，河有河伯，自然界的每一种事物，都有一种神灵在起作用，这就是当时人们的自然观。燧人氏钻木取火，神农氏尝百草，嫘祖发明养蚕术，把对人有用的重大发明都归在一个半人半神的英雄人物身上，而且还想像出有更伟大的英雄能征服自然力，如“羿射九日”等，这就是当时人们的科学观。马克思说：“任何神话，都是用想像和借助想像以征服自然力，支配自然力，把自然力加以形象化。”[3]所以要研究早期的科学思想史，就得对神话著录较多的书籍，如《山海经》、《庄子》、《淮南子》、《列子》，以及屈原的《离骚》、《天问》和《九歌》等加以研究。

三　《周易》和“五行”观念透露的科学信息

恩格斯说：“一切宗教都不过是支配人们日常生活的外部力量在人们头脑中的幻想的反映，在这种反映中，人间的力量采取了超人间的力量的形式。在历史的初期，首先是自然力量获得了这样的反映，而在进一步的发展中，在不同的民族那里又经历了极为不同和极为复杂的人格化。”[4]如上所述，起初，体现自然界神秘力量的神，是一种力量，只有一个。后来，对社会的力量也照此办理，如财神爷、灶神爷。在更进一步发展的阶段上，随着阶级社会的出现，随着地上王权统治力量的加强，许多神的全部自然属性和社会属性便集中到一个万能的神身上，这个神就是殷墟甲骨文里出现的“帝”（见《甲骨文编》1·2）或“上帝”（见《甲骨文编·合一》），后来又称为“天”。从甲骨卜辞的内容来看，这个“帝”被认为是统治一切的。有一个以日、月、风、雨等为臣工或使者的帝廷，协助它进行统治。它以自己的好恶，发号施令。它的号令就是“天命”。商朝的奴隶主贵族又说，这个上帝就是他们自己的祖先，“有娀方降，帝立子生商”（《诗·商颂·长发》）；他们受上帝保佑。他们的一举一动，特别是有关战争胜负、年成好坏、任命官吏等国家大事，都要向上帝请示，即进行占卜。卜、史、巫、祝这一类所谓文化官，做的就是沟通人与神的工作。

占卜的最简单办法，就是先把要问的问题提出来，然后把一块乌龟壳掷在地上，看正面在上还是反面在上，来断定“好”或“坏”，“行”或“不行”。类似的占卜方式作为迷信活动一直保留

到近代,称为"跌卦"。在奴隶制时代,正面叫阳,符号是"—";反面叫阴,符号是"– –"。每卜一次,就用这些符号记下来。随着人类社会生活逐渐丰富,阶级斗争日趋复杂,需要及时做出的决定也越来越多。他们嫌每次占卜只掷一次龟壳偶然性太大,于是改为每回掷三次或六次来定吉凶。这就出现了数学上的排列问题。两个不同的物体,每次取 r 个,而且同一物允许重复取,总排列数为 2^r;而排列方式为 $(a+b)^r$ 的展开,其中 a 代表阳,b 代表阴。若 r 为 3,则 $p=2^3=8$,即八卦;若 r 为 6,则 $p=2^6=64$,即六十四卦。解释六十四卦的东西叫"卦辞"。每一卦中的六个阴阳符号叫"六爻",六十四卦共有 $6\times64=384$ 爻,每爻都有"爻辞"。卦辞和爻辞构成一本书,这就是《易经》,它大概成书于殷周之际。解释《易经》的《易传》成书较晚,其中个别部分甚至成书于战国时期。《易经》和《易传》合起来称为《周易》,简称《易》。

《易经》本来的作用,就好像庙里求签用的签簿。有了这本书,占卜吉凶就简单化和标准化了:占卜时可以不用通过卜、史、巫、祝这些人,也不必直接询问上帝,吉凶祸福可以用"术数"预知。《易传》中还讲到另一种占卜方法——筮法,即用五十根蓍草作出各种排列,得出一定的数目,从这些数目中得出某一卦、某一爻,然后从卦辞、爻辞得知所问事的吉凶。所以从来源上说,《周易》是部神学著作。但是在编写这些卦辞和爻辞时,却"近取诸身,远取诸物",利用了当时的自然知识,并把它加以抽象,得出了具有辩证思想的自然观。他们用八卦代表自然界中最常见的八种东西:天、地,风、雷,水、火,山、泽。八种东西分成四对,其中天地一对是最根本的;天地交感生其他六种东西,就像男女交配生子女一样。天为阳(☰),地为阴(☷);阳代表积极、进取、刚强;阴代表消极、退守、柔弱。世界就是在这两种势力交感、推移之下发生、发展和变化的。

殷周之际在自然观上还有一个重要贡献,就是《尚书·洪范》篇中提出的"五行"观念。"行"古文作"卄"(见《甲骨文编》2·28 和《金文编》2·30),像十字路口,有非常重要的意思。《洪范》篇认为,自然界中有五种东西(水、火、木、金、土)是日常生活不可缺少的,并将它们的性质和作用作了概括的说明。这种思想后来再进一步发展,到西周末年就认为这五种物质是构成其他物质的基本元素了。据《国语·郑语》记载,史伯与郑桓公(做过周幽王的卿士)说:"夫和实生物,同则不继。以他平他谓之和,故能丰长而物生之。若以同裨同,尽乃弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂以成百物。"史伯这段话不但在物质上前进了一步,而且有辩证法思想。他认识到,不纯自然界才能发展,完全的纯自然界就不能发展。他认识到,不同的事物结合在一起("以他平他")自然界才能发展。但是,在本质上,他只注意到矛盾的统一性,没有注意到矛盾的斗争性。

四　春秋战国时期的飞跃

随着奴隶制向封建制的过渡,在春秋战国时期学术上出现了百家争鸣的局面,科学技术也得到一个飞跃的发展。从思想方法的角度来看,这一时期有以下三个特点:

第一,有了实验方法的萌芽。《管子·地员》篇中记载了定"律"调"音"的"三分损益法"。这就是以某一律音的弦长为标准,其他各律可以依标准弦长依次交替,乘以 $\frac{2}{3}$(三分损一)和 $\frac{4}{3}$(三分益一)而得。《庄子·徐无鬼》篇中记载的弦线共振,不但有基音共振现象,而且有泛音共振现象。这些记载如果没有实验作基础是不可能的。《考工记》在记述各种手工业工艺过程时,同时阐明其科学道理,包含不少声学、力学和热学知识,都是通过反复的技术实践得到的。

而最难能可贵的是《墨经》中关于光学和力学的各种实验相当严谨，可惜墨家的这种实验传统没有被继承下来。

第二，注意概念的研究。《墨经·经上》篇中对于一切事物都是先提出名词，再下定义，然后进行解释。例如，什么是时间？《经上》说："久，弥异时也。"《经说》解释道："久，古今旦莫。""久"同"宙"，古今、旦莫(暮)都是特定的时间("异时")，而时间概念"久"就是一切"异时"的概括。什么是空间？《经上》说："宇，弥异所也。"《经说》解释道："宇，东西家南北。""家"即"中"，东、西、中、南、北都是特定的空间("异所")，而空间概念"宇"就是一切"异所"的概括。这里所讲的时间和空间，已经不是直观的、特殊的对象，而是经过了一定的抽象，从特殊上升到一般，成为科学概念，并以科学定义的形式严格反映出来。

第三，开始注意严密的逻辑推理。墨家就很突出。他们提出了原子论，认为万物由不可分割的原子("端")构成。因此，物质不能加以无限分割；分割到原子的时候，就无法再分割下去了。为了论证这一点，他们设想有一根由原子按一维挨个串成的细棒("尺")。不断分割这根细棒，规定每次分割都是严格砍掉1/2。显然，只有细棒中的原子数为 2^n 的特殊情况下，才能经过 n 次分割后剩下一个不可分割的原子。在除此之外的一般情况下，要么一开始细棒的原子数就是奇数；要么经过一次到多次分割后，剩下一段有奇数个原子的细棒。对于有奇数个原子的细棒，当然不能分割成完全相等的两半。如果你硬要将它分割成两半〔"斱(砍)半"〕，那么就会遇到两种情况：一种是"进前取"，即一刀砍在细棒中点那个原子的前面。既然砍到前面去了，那就是说你没从中点把细棒分割成完全相等的两半("前，则中无为半")，即后半截比前半截多一个原子，而原来细棒中点那个原子安然无恙("犹端也")。另一种情况是"前后取"，就是同时砍在细棒中点那个原子的前后。这样，前后两截棒的原子数虽然相等了，但是它们都不等于原棒的$\frac{1}{2}$，而是比原棒的$\frac{1}{2}$要少半个原子。这是因为"前后取"只不过是把原棒中点的那个原子挖空了("则端盅也"。盅原作中，是借为盅的。盅字按《说文·皿部》为"器虚"的意思)。显然，论证是相当严格的。而当时有个名家辩者是反对墨家的原子论的，认为物质可以无限分割。他提出"一尺之棰，日取其半，万世不竭"的命题。用近代数学符号表示，这就是 $\lim_{n\to\infty}\frac{1}{2^n}=0$，这里 n 是日数。它不仅说明物质可以无限分割，而且是极限和无穷小概念的很好例证，至今为人们所称道。

在墨家提出原子说后，宋钘、尹文学派又提出"气"为构成一切物质的最本原的东西。荀况又进一步加以发展，认为"水火有气而无生，草木有生而无知，禽兽有知而无义，人有气有生有知亦且有义"。这样就在物质共性的基础上，把无机界、植物、动物和人区别了开来。元气学说给后来我国科学的发展以多方面的影响，很值得研究。而荀况提出来的"天行有常"和"制天命而用之"的论述，则把唯物主义的自然观推向了新的高峰。

五　秦汉时代的百家合流和阴阳五行说

秦始皇统一全国，建立了第一个封建专制主义的中央集权国家，在历史上有进步作用；但是他又过于残暴，给人民群众带来了很大灾难，因而迅速被农民起义所推翻。秦始皇独尊法家，而排斥其他学派。汉初吸取了秦朝迅速灭亡的教训，采取道家"无为而治"的方针，经过一段休养生息，国力强大以后，又"罢黜百家，独尊儒术"。但是在秦汉时代，无论道家还是儒家，

都已不是先秦时期的本来面目，其中都杂有别家学说，尤其是大量地杂有战国末期发展起来的阴阳五行说。《汉书·艺文志》载书凡13269卷，其中阴阳家书占1 300余卷，约$\frac{1}{10}$。董仲舒的《春秋繁露》名为儒家代表作，其实书中讲阴阳五行学说的论述占一半以上。《礼记·月令》名为儒家经典，实际上也是阴阳五行说的代表作。

远在春秋时代，阴阳和五行就有合流的趋势。如公元前486年，宋攻郑，晋赵鞅要救郑，让史赵、史墨、史龟和阳虎占卜，就是混用这两种学说。而将阴阳和五行进行系统地结合的，大概是战国末年的邹衍。他用阴阳来统率五行。"五行相胜(克)"的理论也早已有之，而邹衍将它推广到历史观中，认为虞土、夏木、殷金、周火，后者总是按五行相胜的次序取代前者。秦始皇信了这一套，就自命为水德，水能灭火，所以秦灭了周朝。阴阳五行说不但把朝代分配在五行中，而且企图把世界上所有事物分成五类，归入五行这个框架中，如五星、五方、五畜、五味、五色、五声、五脏；四季不够五，土没有季节可以配，就配在夏秋之交。同一类的事物有感应作用；不同类的事物除了相克以外，还可以相生，如木生火，火生土，土生金，金生水，水生木。如果以曲线表示相生，以直线表示相克，绘出来就是右面的图。这就是董仲舒说的"比相生而间相胜"。如果以相克次序排成一环，那么直线就代表相生，也可得到类似的图。这就是董仲舒说的"比相胜而间相生"。在这里，事物是不断变化的，但总的过程是循环的。

阴阳五行说这套理论，在过去两千多年中渗透到各个领域，从天上到地下，从看病到办丧事，无不受其影响。就是现在也还看得见一些痕迹，例如，金属器材公司叫"五金公司"，电分阳电、阴电。当然，现在的"五金"不再是指五种金属了，而是指许多种金属，而阳电、阴电也不过是用阳、阴来翻译外文的正、负。

恩格斯在谈到19世纪自然科学三大发现(细胞、能的转化和达尔文的进化论)的时候说过："由于这三大发现和自然科学的其他巨大进步，我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系，而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了，这样，我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。描绘这样一幅总的图画，在以前是所谓自然哲学的任务。而自然哲学只能这样来描绘：用理想的、幻想的联系来代替尚未知道的现实的联系，用臆想来补充缺少的事实，用纯粹的想像来填补现实的空白。它在这样做的时候提出了一些天才的思想，预测到一些后来的发现，但是也说出了十分荒唐的见解，这在当时是不可能不这样的。"[5]阴阳五行说的目的就是想要对自然界和人类社会现象绘出一幅总的图画，说明各个领域内过程之间的联系和各个领域之间的联系，但是这却远远超出了那时条件的可能性。那时不要说离三大发现还很远，就是经验性的科学知识也实在太少，因而不可避免地有许多十分荒唐的见解。阴阳五行说对我国古代科学的发展起了哪些积极作用，哪些消极作用，有待于我们具体分析。

六　从王充到沈括的粗枝大叶之风的消极影响

自汉以来，我国涌现了许多科学家和对科学思想有贡献的哲学家。对于这些人和著作，我们都应该从科学思想史的角度进行研究。这里只想以王充的《论衡》为例，做点解剖麻雀的工作。

在自然观上，王充用元气自然说反对风靡一时的神学目的论。在思想上，不以先哲、圣人的学说为全是，他对一切都采取了批判继承的态度，《问孔》、《非韩》、《刺孟》这些篇章都是有战斗性的。在方法上，讨论问题注重逻辑推理和最近的论据。如在《谈天》篇中驳斥女娲炼石补天之说，认为它不可信，便从能力、物质和时间三方面着想，比较女娲的力量与天的力量，比较天质与石质，比较人皇之时与天地开辟之时，而断定其事为不可能。又如讨论邹衍大九州之说，先取最近的论据——张骞出使西域的经验，觉得邹衍的说法不可信；而就从甘肃到洛阳到浙江都看见北极星在正北的事实来说，觉地面之大必超过中国数倍，又认为邹衍的说法有道理，甚至认为世界比邹衍所设想的还要大。

王充讨论问题的方法很好，但是数学修养太差。他说："邹衍之言，'天地之间，有若天下者九。'案周时九州，东西五千里，南北亦五千里。五五二十五，一州者二万五千里。"现在谁都知道，5000×5000=25000000，王充所得结果，不仅单位不对，就是数字也小了1000倍！以这样的马虎态度，怎样能进行精密科学研究？

这种不求数字精确的态度，在我国古代恐怕具有普遍性。与王充写《论衡》同时，还有一本天文数学著作出现，即《周髀算经》，其中说到立八尺之竿，夏至中午测日影之长，其长在周都为一尺六寸；自周都向南行千里，日影一尺五寸；自周都向北行千里，日影一尺七寸，每千里差一寸。按夏至中午日影一尺六寸的地方，纬度约为34°46′，与周都雒邑（洛阳）相近。但是在这个纬度附近，影差一寸，纬度只差41分，约合74千米。尽管当时里、丈、尺、寸的单位长度比现在短得多，但是决不能达到千里。就这样一个比实际距离大好几倍的误差，张衡、王蕃、陆绩和祖冲之等许多大天文学家竟然都没有发现，直到隋朝刘焯才提出"寸差千里，亦无典说，明为意断，事不可依"，建议实地测量一番，但是仍未能实现。到唐开元十二年（725），才在一行的领导下，经过南宫说等人的实测，改正了这一数据。

沈括的《梦溪笔谈》中的数字错误，也比比皆是。最近中国科技大学李志超同志写文章指出了这一点[6]。例如，沈括在测量北极星离北极的距离时，由于错把圆周角当成了圆心角，致使测量结果（"三度有余"）比实际数据（一度半）大了一倍。这样的粗枝大叶作风是不能发展精密科学的。

作为对比，我们可以举出开普勒根据第谷对于火星的观测，发现火星的轨道是椭圆，不是正圆；实际上火星轨道的偏心率只有0.093，表现在黄经方面二者相差只有八弧分。开普勒说："就凭这八弧分的差异，便引起了天文学的全部革新。"[7]还有，19世纪末，发现水星近日点的进动比由牛顿力学所算得的每年多0″.43。这不到半秒的差数，就成了后来检验牛顿力学和爱因斯坦相对论的试金石。

七　朱熹和王阳明的"格物"不讲实验

"四人帮"肆虐的时候，在评法批儒的过程中，把沈括捧上了天，而把朱熹打翻在地。客观地看，对于朱熹不能一概否定。他是很关心自然科学的一位唯心主义哲学家。他关于高山和化石成因的论述和关于天地起源的论述，都有独到之处。1979年日本的山田庆儿写了一本洋洋数十万言的《朱子的自然学》，对朱熹一笔抹杀，似不是马克思列宁主义的态度。

朱熹提出的"格物致知"，虽然方法还是多偏重于内心思辨，但是他说"上而无极太极，下而至于一草一木一昆虫之微，亦各有理。一书不读，则缺了一书道理；一事不穷，则缺了一事道理；一物不格，则缺了一物道理；须著逐一件与他理会过。"[8]这段论述对于自然科学的发展也

还是有影响的。直到清末人们还把自然科学或农、医、天、算之外的自然科学叫做“格物学”或“格致学”。中国最早的一种自然科学刊物就叫《格致汇编》。培根《新工具》的第一个中译本叫《格致新机》(1888)。1901年京师大学堂(北京大学前身)设有经学、法学、医学、格致学等八个系。鲁迅在《呐喊·自序》中说:“在这学堂里,我才知道在这个世界上,还有所谓格致、算学、地理、历史、绘画和体操。”今天我们把自然科学叫“理科”,也与朱熹的话有关。

把主观唯心主义发展到顶峰的王阳明(1472—1528),在朱熹的影响下,和一位姓钱的朋友“格”起竹子来。不过,不是用实验科学的方法,而是每天坐在亭子前看竹子,苦思冥想。这当然得不出个结果来。可是他又不从方法上总结自己的错误,反而认为通过格物去认识事物为不可能。他说:“先儒解格物为格天下之物,天下之物如何格得?且谓一草一木皆有理,今如何去格?纵格得草木来,如何反来诚得自家意?”“乃知天下之物本无可格者,其格物之功只能在身心上做。”[9]于是又只能回到修身养性上去了。

八　王夫之和顾炎武的研究方法都还落后

不但唯心主义的王阳明的研究方法不对头,就是把古典唯物主义发展到最高峰的王夫之(1619—1692)也是这样。他虽然发现了物质守恒这一基本定律,但是他的论证方法仍是思辨性的,而不是以定量的实验分析为根据。与王夫之同时代的顾炎武(1613—1682),倒是很注意治学方法,主张“博学于文”,重调查,重第一手材料,重广求证据,重辨源流、正谬误。但是比起同时代的欧洲来,顾炎武所谈的这些方法就很不够了。

这时在欧洲出现了弗兰西斯·培根的《新工具》(1620),笛卡儿的《方法论》(1637)和伽利略的《关于两门新科学的对话》(1638)。笛卡儿在《方法论》一书中论证了分析和综合的方法。对自然界的研究,如果能实行分析和综合,便能揭开许多奥秘;微积分的发明也就是这种方法的应用。培根在《新工具》一书中论证了实验和归纳法的重要性。伽利略的《关于两门新科学的对话》虽然不是专门的方法论著作,但它却是将实验方法和数学方法相结合的一个典范。有了这些方法,近代科学才能在欧洲迅速发展起来。

九　传教士们没有系统介绍科学方法

1610年意大利传教士利玛窦不远万里来到北京。在他的引荐之下,不少有学问的传教士如邓玉函、罗雅谷、汤若望和南怀仁等先后从欧洲各国来华。他们给中国带来了许多数学、天文和水利等方面的知识。但是因为他们来华的目的是传教,介绍科学知识是取得信任的一种手段,再加上耶稣会纪律的约束和他们世界观的影响,决定了他们不可能将近代科学体系介绍到中国。如果传教士当时能把有关科学方法论的著作,原原本本的介绍到中国来,那么中国近代科学的起步也许就要早得多。明末清初之时,上自康熙皇帝,下至一些有造诣的知识分子,如徐光启、王锡阐和梅文鼎等,对于“西学”都是很感兴趣的。可惜他们所接触到的还基本上属于希腊古典科学体系。徐光启之所以重演绎法,就是由于他译欧几里得几何学而受启发的。

十　从鸦片战争到如今

鸦片战争以后,封建统治阶级中的一部分人,看到欧洲的“船坚炮利”,觉得如果自己也有

这些东西,那便可以对内镇压人民革命,对外抵抗侵略。于是设译书局、开工厂、办船政学校、派留学生。这就是所谓“洋务运动”,前后共历约35年。但是搞洋务运动的人,没有把科学当做一种事业、当做人类认识自然和改造自然的武器,而是舍本逐末,引进一些零零碎碎的技术。而且,他们要“中学为体,西学为用”,即在不破坏中国封建社会制度的法统和体制的前提下引进技术。殊不知欧洲的近代科学是与欧洲资产阶级革命同时兴起的,科学与民主这一对孪生兄弟是和封建制度不两立的,洋务派的科学观是根本错误的。

到了戊戌维新时期,资产阶级改良派学习了西方的机械唯物主义自然观和从康德到达尔文的进化论,来做变法维新的理论根据。他们已经认识到,西方资本主义所以“船坚炮利”,“国力富强”,关键在于有各种科学作为依据;而所以能有各种科学,则是因为有新的科学方法作为基础。严复在《原强》里说:“制器之备,可求其本于奈端(牛顿);舟车之神,可推其原于瓦德(瓦特);用灵(电)之利,则法拉第之功也;民生之寿,则哈尔斐(哈维)之业也。而二百年学运昌明,则又不得不以柏庚(培根)氏之摧陷廓清之功为称首。”

由于中国资产阶级的软弱性,严复等人搞的变法维新,在政治上很快失败了,但是他们所宣传的科学思想和科学知识,则为辛亥革命和五四运动的到来在思想上准备了条件,当然,五四运动是在俄国十月革命的影响下发生的。这时一部分先进的中国人已经不单纯是以进化论作为思想武器,而是进一步在辩证唯物主义和历史唯物主义的指导下工作的。有了马克思列宁主义这个政治上的显微镜和望远镜就会发现,单凭科学的力量不能改变处于半封建半殖民地中国的面貌,必须先以革命的方式推翻压在中国人民头上的三座大山才行。但是在无产阶级取得政权以后,要改善人民生活和巩固无产阶级专政,就得有个物质基础,就得发展生产,就得依靠科学。四个现代化,科学技术是关键——这就是中国科学思想史的结论。

十一　结　束　语

以上关于中国科学思想史的描述,可能是挂一漏万和错误百出。不过我的目的是想抛砖引玉,希望能有较多的人来研究中国科学思想史,根据本文前言中所叙述的五点任务,把中国所有的经、史、子、集,重新阅读一遍,写出一系列的专题研究。这些专题研究的对象可以是一本本著作(如“《庄子》的科学思想”、“《管子》的科学思想”、“《黄帝内经》的科学思想”……)、一个个人、一个个概念、一个个理论和一个个学科,也可以断代研究。并希望能在专题研究的基础上,概括出一本简明扼要的、符合历史本来面目的《中国科学思想史》。

为了做好这项工作,应该学习马克思主义和毛主席的一些有关著作;也应该阅读一些世界科学思想史的著作,以便有所借鉴和比较。比如:何兆清的《科学思想概论》、梅森的《自然科学史》(原版的副标题是“科学思想的主流”)以及英文版查理斯·辛格(Charlas Singer)的《1900年以前的科学思想简史》和怀特曼(P.D.Wightman)的《科学思想的成长》。

对于已出版的著作要翻译、分析和研究,从中吸取营养。如德国学者佛尔克(A.Forke)在1925年出版的《中国人的世界观念》,在国外很受重视,日本在1937年即以书名《支那自然科学思想史》翻译出版,美国又于1975年重印,而国内只有很少人注意到这本书。又如李约瑟《中国科学技术史》的第二卷《科学思想史》也应当及早译出。

在研究工作中,要从第一手材料做起,并注意观点和资料的统一,逻辑和历史的统一。我们的任务是要给中国科学思想史以科学的总结,而不给以任何附加。

参考文献

［1］ 恩格斯.自然辩证法.北京:人民出版社,1971.29

［2］ 恩格斯.自然辨证法.30—31

［3］ 马克思.《政治经济学批判》导言.马克思恩格斯选集:第2卷.北京:人民出版社,1972.

［4］ 恩格斯.反杜林论.马克思恩格斯选集:第3卷.北京:人民出版社,1972.354

［5］ 恩格斯.路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结.马克思恩格斯选集:第4卷.北京:人民出版社,1972.241—242

［6］ 李志超.沈括的天文研究(二).中国科学技术大学学报.1980,10(1)

［7］ 转引自G.de伏古勒尔.天文学简史(李晓舫译).上海:上海科技出版社,1959.30

［8］《朱子语类》卷第十五。

［9］《王文成公全书·传习录(下)》

〔原刊《中国科技史料》,1982年第2期〕

古代中国和现代西方宇宙学的比较研究

一

恩格斯在《自然辩证法》里说:“在希腊哲学的多种多样的形式中,差不多可以找到以后各种观点的胚胎、萌芽。因此,如果理论自然科学想要追溯自己今天的一般原理发生和发展的历史,它也不得不回到希腊人那里去。”(1971年中文版,30—31页)

在丰富多彩的中国古代哲学中,同样可以找到某些近代科学思想的萌芽,尤其把自然界作为一个整体来研究的宇宙论,在古代是各个哲学派别的理论的组成部分,给我们留下了丰富的遗产。发掘这些遗产,并把它们与现代宇宙学中的一些观点进行对比,是一件很有趣的事。当然,在进行对比的时候必须记住,这些见解在古代,由于科学技术条件的限制,在他们经过观测,吐露了好多天才的设想和猜到了后来好多发现的同时,也有不少废话和胡说;而现代宇宙学中的一些模型,尽管还不完善,甚或是错误的,但都有较多的观测事实和数学论证,二者有本质的不同。否则就要重犯清代有些人的“古已有之”和“西学源出中土说”的错误。

二

把宇宙作为一个整体,讨论我们所居住的世界(地球或太阳系或银河系)在其中所处的地位,讨论它的大型结构,讨论它的变化、发展,讨论它的有限、无限,这就叫做宇宙学或宇宙论。

一般人认为,现代宇宙学是由爱因斯坦在1917年发表的一篇论文而开始的。这篇文章并不长,用中文翻译出来只有13页,题目是:《根据广义相对论对宇宙学所作的考察》(见《爱因斯坦文集》第2卷,351—363页)。文章给出了广义相对论场方程的第一个宇宙学解,即宇宙是有限无边的静态解。“静态”的意思是不随时间变化;“有限”即宇宙空间的体积有限,它是一个弯曲的封闭体;“无边”,好比一个球面,虽然面积有限,但是沿着球面运动总也遇不到边界。这个宇宙模型,通称为爱因斯坦模型。这篇文章所奠定的基本框架,直到今天还有不少的理论在沿用,诸如宇宙半径、宇宙体积等概念,就是从这里发源的。但是中国在汉代,关于宇宙半径的讨论就很热闹。当时的理论是:“天体圆如弹丸,地处天之半,而阳城为中。”太阳在春秋冬夏,昏明昼夜,离阳城(今河南登封)的距离皆等,也就是说太阳离阳城的距离就是天的半径。但是半径有多大,“术家以算求之,各有同异”,《洛书·甄耀度》和《春秋·考异邮》以为是178 500里,而《周髀算经》还不到它的一半,只有81 394里。这真有点像现代宇宙学中,随着哈勃常数H所取数值不同,宇宙半径也就各异。现在所用的H=55千米/秒/百万秒差距,只有1931年哈勃第二次测定的558千米/秒/百万秒差距的十分之一,所以宇宙半径也就大了10倍。

关于“有限无边”的思想,战国时期的惠施(约前370—前310)就有了。他说:“南方无穷而有穷。”球形的大地,体积有限,但在地上一直向南走,不会走到尽头,可以无穷地转下去,所以

既是有穷，又是无穷。“静态”的观念古人没有，当时都默认空间结构不随时间而变化。

三

按照广义相对论，物质、空间、时间三者具有不可分割的联系：时间和空间的几何特性决定于物质的分布和运动，而物质在引力场中的运动又受时间和空间几何特性的规定。爱因斯坦曾说过这样一句话：“过去认为，如果从宇宙中把物质去掉，时间、空间依然存在；相对论则确信，去掉了物质也就去掉了时间和空间。”关于物质、时间、空间和运动的统一，中国在战国时期就有精彩的论述：

1.《管子》中有一篇名为《宙合》，宙即时间，合即六合（四方上下），也就是三维空间，在这里是第一次把时间和空间合成一个概念来用。其中说到：“宙合之意，上通于天之上，下泉于地之下，外出于四海之外，合络天地以为一裹”，“是大之无外，小之无内。”翻译成现在的话就是：宇宙是时间和空间的统一，向上直到天的外面，向下直到地的里面，向外越出四海之外，好像一个包裹一样把我们看见的物质世界包在其中，但是宇宙本身，在宏观和微观方面都是无限的。

2.“宙”和“久”古音相通。《墨经·经上》说：“久，弥异时也。”《经说》解释道：“久，合古今旦暮。”古、今、旦、暮都是特定的时间（“异时”），而时间概念“久”，则是一切“异时”的总括。关于空间，也是一样。《经上》说：“宇，弥异所也。”《经说》的解释是：“宇，蒙东西南北。”这里所指时间和空间已经不完全是直观的，特殊的，而是经过了一定的科学抽象，开始从特殊上升到一般。

3. 不仅如此，《墨经》还进一步论述了时间同空间的联系，及时空同物质和运动的联系。《经上》说：“动，或（域）徙也。”《经说》的解释是：“动，偏祭（际）徙者，户枢，兔，蚕。”这就是说，运动是物体所处的空间区域的界限（偏际）的迁移和变化。例如，门窗的开关，兔子的跳跃，蚕体的蠕动，都是通过空间界限的变化而显示出它们的运动。而空间界限的变化，又是和时间相联系的。《经下》说：“行修以久，说在先后。”《经说》的解释是：“行者必先近而后远。远近，修也；先后，久也。民行修必以久也。”人走路（运动），先近后远，经过一段空间距离（修），也必须经过一段时间（久）。可见，运动和时间有不可分割的联系。《墨经》又进一步说明时间和空间的依赖关系。《经下》说：“宇或徙，说在长宇久。”《经说》云：“长宇，徙而有处。宇南宇北，在旦有（又）在暮：宇徙久。”这段话的大意是：正是物体从一个区域迁移到另一个区域的这种运动，才显示出空间（宇）的广延性，所以叫“长宇”，没有物体的运动也就显示不出空间的特性。另一方面，物体在空间的运动，又必须伴随着时间上的持续性，这就是“长宇久”。例如，一个物体的运动，在空间上从南到北，在时间上可能要从早到晚，这样“长宇久”也就是“宇徙久”。时间、空间、物质和运动就具有不可分割的联系。

四

明末的方以智（1611—1671），在《管子》和《墨经》的基础上，又有进一步的发展。他在《物理小识》中说：“宇中有宙，宙中有宇。”并且强调，“物有则，空亦有则。”空间的法则是“规矩”，也就是几何特征，而这一点正是20世纪相对论宇宙学说中的一个基本点。在相对论宇宙学中，最基本的一个公式是：

$$ds^2 = dx_0^2 - \frac{R^2}{\left(1 + \frac{k}{4}r^2\right)^2}(dx_1{}^2 + dx_2{}^2 + dx_3{}^2)$$

其中 ds 代表四度空间($x_1x_2x_3$ 三度属空间,x_0 一度属时间)中无限靠近的两点间的距度;$r^2 = {x_1}^2 + {x_2}^2 + {x_3}^2, R = R(t)$,是距离标度因子。它可以随时间的变化规律,描述宇宙的过去历史和未来演化趋势。k 表示空间的几何特征,叫“空间曲率”,在宇宙因子 $\lambda = 0$ 的情况下:

(1) 若 $k > 0$,则空间遵守黎曼几何学,半径为 r 的球的面积 $< 4\pi r^2$;

(2) 若 $k = 0$,则空间遵守欧几里得几何学,球面积等于 $4\pi r^2$(平直空间);

(3) 若 $k < 0$,则空间遵守罗巴切夫斯基几何学,球面积 $> 4\pi r^2$,它在曲面上开放着。

在(1) 的情况下,得到的是封闭的脉动宇宙。

在(2) 和(3) 的情况下,得到的是不断膨胀的开放宇宙。

弗里得曼推导出一个判别式,最后归结到按宇宙间物质的平均密度 ρ 来判断宇宙到底是膨胀,还是脉动。但是这个临界密度值非常小($5 \times 10^{-30} gr/cm^3$),小到每立方厘米只有 3 个粒子,到现在还无法用对密度的观测来判断宇宙是永远膨胀下去,还是膨胀到一定时候又收缩,成为一个脉动系统。

五

从爱因斯坦到弗里得曼,他们的主要兴趣是在求解方程,而不是讨论这些方程解的物理含义。直到斯莱弗(Slipher)和哈勃(Hubble)等人在 20 年代逐步确立了河外星系谱线红移的普遍特征之后,才促使人们来仔细分析这些数学解的含义,同时出现了许许多多探讨红移机制的其他理论(模型),形成了现代宇宙学的第一个活跃期。1929—1930 年间,哈勃和哈马逊(Humason)确定了星体谱线红移与距离之间存在着粗略的正比关系,这就是所谓哈勃定律,比例系数称为哈勃常数。如果把红移解释为多普勒效应所致,这是最自然的一种解释,哈勃关系正好符合整体膨胀的数学解。一个膨胀的宇宙,这是用 20 世纪 20 年代的相对论和直径 2.5 米的望远镜所得到的结果。在观测事实面前,人们不得不放弃最初的静态解。但是谁能想到,在中国古代就有这种思想的萌芽。三国时,徐整编的《三五历纪》中有:“天地浑沌如鸡子,盘古一日九变,神于天,圣于地,天日高一丈,地日厚一丈,盘古日长一丈,如此万八千岁,天数极高,地数极深,故天去地九万里。”它给出了宇宙的膨胀速率 $\frac{dR}{dt} = 1$ 丈/日,宇宙年龄 $T = 18\,000$ 年,宇宙半径 $R = 90\,000$ 里。这些数据虽然没有什么观测根据,虽然只是一种想像,而且与现代数据相比相差甚远,但却是宇宙膨胀说的最早萌芽。

六

宇宙既然在膨胀,假设膨胀的速率不随时间变化,那么便可上推到若干年以前,宇宙里所有物质便会以高密状态集中在一个极小的体积内。勒梅特(G. Lemaitre)在 1932 年把它叫做原始原子。原始原子是不稳定的,由于剧烈的放射性衰变而突然爆炸,碎片向四面八方飞散,朝同一方向以同一速度运动的物质,逐渐结合成恒星和星系。在爆炸时获得较大速度的物质所形成的星系,现在也就离爆炸的地方较远,这样也就说明了哈勃定律。

至于爆炸以前,原始原子内部是怎样的状态,勒梅特则没有说明。到 1948 年,加莫夫(G. Gamov)接受了勒梅特的思想,又把宇宙起源和化学元素起源联系起来提出了热爆炸理

论。这个理论说，宇宙早期很热，那时辐射能占绝对优势，现在已经很冷，只有绝对温度几度。1965年美国的彭齐亚斯(Arno Penzias)和威尔逊(R. W. Wilson)果然在微波波段(厘米波)上探测到具有热辐射谱的背景辐射，温度约为3K。这一发现在定性上和定量上都和热爆炸理论的预言相符。于是，研究这一理论便成了当前的热门，形成现代宇宙学研究的第二个高潮，其中心由运动宇宙学转移到物理宇宙学(或称宇宙物理学)。热爆炸理论把宇宙的演化分作五个阶段，而这个分法和《易纬·乾凿度》一直到张衡《灵宪》中的分法有惊人的类似之处，现比较如下：

	热爆炸理论	易纬·乾凿度	灵宪
1	奇点期(10^{-44}秒)：完全辐射状态，没有物质(10^{32}K)	太易：未见气也。郑玄注：以其寂然无物，故名之为太易	道根(溟涬)
2	极早期(10^{-36}秒)：形成重子(10^{28}K)	太初：气之始也	道干(庞鸿)
3	早期(10^{-12}秒)：氦、氘、锂等元素开始形成。(10^{16}K)	太始：形之始见。郑玄注：此天象形见之所，本始也	
4	现期(10^{-4}秒)：星系胚(巨大的气状星云)开始形成。(10^{12}K)	太素：质之始也	
5	将来期：从现在到今后		道实(天元)

从第四阶段到第五阶段是一个转折点，在此以前是理论上推断，在此以后是观测到的事实。现代宇宙学说中所用的理论是基本粒子物理、等离子体物理、热力学、统计物理、量子论和相对论，而中国古代用的只是思辨性的“气”。《易纬·乾凿度》说：“气，形，质，具而未离，故曰浑沦。”郑玄注云：“虽含此三始(太初、太始、太素)，而犹未有分判，故曰浑沦。老子曰：‘有物混成，先天地生’。”

《老子》第二十五章云：“有物混成，先天地生……吾不知其名，字之曰道。”《易纬·乾凿度》中的浑沦，就是《老子》中的道，《易·系辞》中的“太极”，《吕氏春秋》和《淮南子》中的“太一”，扬雄《太玄经》中的“玄”，用热爆炸理论来说，就是宇宙开初万分之一秒(10^{-4})内的原始火球。东汉时许慎的《说文》中说：“惟初太极，道立于一，造分天地，化成万物。”古时以天地形成为转折点，现代以星系形成为转折点，这只是随着观测工具的进步，人们的眼界扩大了，其逻辑意义是一样的。

七

在中国古代，天地和宇宙是不同的两个概念。天地一般是指地球和观测所及的宇宙范围。汉代的黄宪说：“曰：天地果有涯乎？曰：日、月之出入者涯也；日、月之外则吾不知焉。曰：日、月附于天乎？曰：天外也，日月内也。内则以日月为涯，故躔度不易，而四时成；外则以太虚为涯，其涯也，不睹日月之光，不测躔度之流，不察四时之成；是无日月也，无躔度也，无四时也，同归于虚，虚则无涯。”(《天文》)这里借用了《黄帝内经·素问》中的“太虚”二字来说明天地和宇宙的关系。他不同意盖天说和浑天说把日月附着于天壳的说法，他认为天的范围远在日月的运

行轨道之外，而我们观察天宇，所及之处只是日月的活动范围，这个范围是有限的，而日月轨道之外的太虚则是无限的。

元代的邓牧(1247—1306)更进一步认为，我们所居住的这个天地之外，还有别的天地。他说："天地，大也，其在虚空中不过一粟耳。虚空，木也，天地犹果也。虚空，国也，天地犹人也。一木所生，必非一果，一国所生，必非一人。谓天地之外，无复天地，岂道论耶！"这里使我们联想到300年以后布鲁诺(Bruno,1548—1600)的话："在无限的空间中，要么存在着无限多的同我们世界一样的世界；要么这个宇宙扩大了它的容量，以便它能包容许多我们称之为恒星的天体；要么不论这些世界彼此之间是否相似，都有同样的理由可以存在。"

邓牧和布鲁诺所主张的这种单调的宇宙无限论，后来有人把它加以系统化：1. 空间无限，在无限的空间中，有无限多的星球；2. 时间无限，从整体上说，星体可以无限期存在；3. 每颗星有生有变，但从整体上说，宇宙间物质密度不变；4. 从统计观点看，可以认为星的发光强度不变，光的传播规律(照度 $E \propto \frac{1}{r^2}$)不变。这四条假定似乎都对，但合起来却大有问题：

1. 如果空间无限大，则对于空间内任一点(例如地球)来说，在它周围所存在的星球也是无限多，全部星球对地球的吸引力也是无限大，因而地球的加速度和速度也是无限大，这显然与事实矛盾，这个矛盾叫"引力矛盾"或"西利格矛盾"。

2. 当无限数目的恒星均匀地分布在透明的无限空间时，全部恒星的视面积为无限大，但天球的面积是一个有限量，全部恒星的视面积比天球的面积大无限多倍，所有恒星的视圆面将互相重叠，把天空塞满，使黑夜如同白天一样亮，这又与事实矛盾，这个矛盾叫"光度矛盾"或"奥尔伯矛盾"。

为了消除这两种矛盾，1908年瑞典沙立叶(Charlier)提出了无限阶梯式模型，证明只要第 $n+1$ 级与第 n 级的半径比大于 $n+1$ 级系统中成员的个数的平方根 $\left(\frac{r_{n+1}}{r_n} > \sqrt{N_{n+1}}\right)$，而且在同一级中成员的直径小于成员间的距离，那光度矛盾和引力矛盾都将消失。20世纪20年代以来，河外星系和星系团的发现，虽然给这种宇宙模型带来了证明，但也带来了难以克服的困难，即对于红移无法解释。目前这一派的代表人物是沃库勒(Gérard de Vaucouleurs)，他不同意相对论宇宙学派在大尺度上的均匀、同向处理，他提出宇宙膨胀要受物质成团影响而出现起伏，哈勃常数要因不同密度起伏而改变，但是现在这些都还没有观测到。

八

在西方，除了相对论宇宙学、热爆炸宇宙学和无限阶梯式宇宙学以外，还有一种很流行的稳恒态宇宙学。它是1948年由英国霍依耳(Hoyle)等人提出来的。他们除了均匀、同向的假设外，又提出一条宇宙的大型结构不随时间变化的假定。这样来解爱因斯坦的引力方程，也可以得到一个膨胀模型，避免奇点的困难。(在奇点处，温度、密度无限大，半径等于零。)按照这三条假设，宇宙间的物质密度应该不变，但膨胀的结果，密度会变小，这样就得不断地由新的物质来补充。霍依耳认为，新生的物质为氢原子，并且算出每5 000亿年在1立方米体积内产生1个氢原子。霍依耳认为这些新生物质是从虚无中产生的。"无中生有"(out of nothing)，这个想法我国在汉代就有了，《淮南子·天文训》一开头就说："道始于虚廓，虚廓生宇宙，宇宙生气。"

九

最后谈一谈由瑞典物理学家克来因(Klein)和阿耳文(Alfven)提出的物质-反物质宇宙论,也叫“对称宇宙论”。这个理论认为:总星系的初始状态是含有粒子和反粒子的极其稀薄的云,这片云的半径大约是1万亿光年,比目前可以观测到的半径还要大100倍。气体密度很低,在100立方米里只有1个粒子,因而它们不会因碰撞而发生湮没现象。但是由于引力收缩,密度越来越大,冲碰、湮没的机会越来越多,大概收缩到半径为10亿光年时,湮没所产生的辐射压使排斥力超过引力,由收缩而变为目前的膨胀状态。这个理论不存在奇点,也不止一个总星系。但要验证其正确性,需要到高空找反物质粒子。

粒子-反粒子,物质-反物质这些最现代化的概念,当然中国古代没有,但是使我想到《淮南子·精神训》中的一段话,也是很有趣的。这段话是:

> 古未有天地之时,惟象无形,“窈窈冥冥,芒芠漠闵,鸿蒙鸿洞,莫知其门”。有二神混生,经天营地,孔乎莫知其所终极,滔乎莫知其所止息。于是乃别为阴阳,离为八极,刚柔相成,万物乃形。烦气为虫,精气为人。

这里值得注意的是,在没有天地之前,在气没有成形之前,就有“二神混生”。高诱注:“二神,阴阳之神也;混生,俱生也。”“阴阳之神”显然不是阴阳之气,因为气分为阴阳是下一阶段才发生的。如果我们把“阴阳之神”理解为物质和反物质,不是很有趣吗?虽然这显得颇为无稽,未免牵强,但正如列宁所说:这是“科学思维的萌芽同宗教、神话之类的幻想的一种联系。而今天呢!同样,还是有那种联系,只是科学和神话间的比例却不同了。”(《哲学笔记》,第275页)

十

公元604年,隋代的刘焯上书隋文帝说:盖天、浑天、宣夜“三说并驱,平、昕、安、穹,四天腾沸。至当不二,理惟一揆,岂容天体,七种殊说?”他建议:“请一水工,并解算术士,取河南北平地之所,可量数百里。南北使正,审时以漏,平地以绳,随气至分,同日度影。得其差率,里即可知。则天地无所匿其形,辰象无所逃其数,超前显圣,效象除疑。”(《隋书·天文志(上)》)从刘焯到现在,差不多1400年过去了,人类所观测的宇宙范围,已从太阳系到达总星系,理论工具和观测手段已提高到那时梦想不到的水平。但刘焯的精神还是适用的。他那时面对着七种宇宙模型,要用观测来判断哪个是对的。今天我们也有五大类模型,也要凭观测结果来考验哪个是对的。在宇宙学这个纯理论的学科中,实践仍然是第一性的。

〔原刊《大自然探索》(成都),1982年第1期〕

竺可桢与自然科学史研究

一　对天文学史和气象学史的研究

竺可桢(1890—1974)

我在中山大学念书的时候,历史系一位教授向我推荐:“你知道竺可桢否?他是中国近代气象学的开山祖师,有一篇关于二十八宿起源的文章,可以说是世界第一,中外没有能超过的,你应该看一看。”当时因为我的兴趣是天体物理学,也没有找来看这篇文章。及至分配到中国科学院编译局(科学出版社的前身)工作,恰巧在竺老的引导下,使我走上了天文学史的研究道路,《二十八宿起源的时代与地点》一文读之再三,而且多次听到他和钱宝琮先生就这篇文章所作的讨论,并且叫我做了一些计算。就这一问题,他先后发表了三篇文章[1],有独到的研究,确是他在天文学史方面的代表作,值得首先介绍。

中国古代将黄、赤道附近的天空划分成二十八个区域,每个区域至少选两颗星来代表,其中一颗叫“距星”,这就是二十八宿或二十八舍。二十八宿从角宿开始,沿着月亮运行的方向,自西向东排列是:角、亢、氐、房、心、尾、箕,斗、牛、女、虚、危、室、壁,奎、娄、胃、昴、毕、觜、参,井、鬼、柳、星、张、翼、轸。二十八宿又按这个次序每七个构成一组,叫做“四象”或“四陆”,分别代表四方和四季,即:东方(春)苍龙,北方(冬)玄武(龟、蛇),西方(秋)白虎,南方(夏)朱雀(鸟)。二十八宿各宿所占的赤道广度很不相同,最大的井宿有 33 度,最小的觜宿只有 2 度。四陆所占的广度也很不相同,据《汉书·律历志》东方为 75 度,北方为 98 度,西方为 80 度,南方为 112 度(按古时分圆周为 $365\frac{1}{4}$ 度计)。

在中国以外,古印度、阿拉伯、伊朗、埃及等国,也有类似的二十八宿体系。这有一个起源和传播的问题。19 世纪欧洲人得悉这一情况以后,从 1840 年开始,便展开了一场激烈的论战:两位法国学者——19 世纪中叶的贝窝(J. B. Biot)和 20 世纪初期的德莎素(Leopold de Saussure),还有荷兰的薛莱格(G. Schelegel)主张起源于中国,薛为此于 1875 年出版了一本《星辰考原》,厚 800 多页。德国学者韦伯(L. Weber, 1860)、英国学者金斯米尔(Kingsmill, 1907)和爱特金(Edkin, 1921)主张起源于巴比伦,而英国的白赖南(W. Brenand, 1896)和美国的伯吉斯(E. Burgess)与惠特尼(W. P. Whitney, 1864)却主张起源于古印度。到了本世纪初叶,日本学者也参加了这场论战:新城新藏主张起源于中国,而饭岛忠夫则反对此说;饭岛以为,不但二

十八宿，就是整个中国天文学，都是起源于西方的。

对于这样一个重大的中国科学史问题，国外争论了100多年，而在竺老1944年发表文章以前，中国竟无一人注意。正如竺老所说："宛若20世纪初叶，日俄以我东三省为战场，而我反袖手旁观也。"竺老代表中国人放了可贵的第一枪，而且一上战场即"横扫千军如卷席"，对反对中国起源说者所持的理由予以有力批驳，对主张中国起源说者所持理由中的似是而非者予以纠正，最后从中国天文学的特点（注重昏星观测、以斗建定季节、以立春为一年的开始、一年四季冬夏长而春秋短，等等）来论证二十八宿必起源于中国，又以二十八宿体系不符合印度天文学的特点（对拱极星不感兴趣、偏重理论计算、分一年为六季等）来反推不起源于印度，最后的结论是：二十八宿起源于中国，再传到印度，再传到其他地方。

关于二十八宿起源的地点问题，在竺老发表文章以后，国内外学者基本上趋于一致。1953年法国学者费利奥扎（Filliozat）在《古代印度和科学交流》一文中说："二十八宿出现在伊朗约是公元500年，埃及是科布特时代（公元3世纪以后）；至于阿拉伯，它虽可能较《可兰经》时代（公元7世纪）为早，但也早不了多少。所以一般都认为是由印度传过去的。"[2]

关于二十八宿起源于中国，不起源于印度，考古学家夏鼐于1976年又做了进一步的论证[3]，在一次会上他公开申明他是继承和发展竺老的观点的。但关于起源的时间，竺老则定得过早，首先引起钱宝琮的反对[4]，其后又受美国奈给保尔（O. Neugebauer）关于巴比伦黄道带起源研究[5]的影响，乃于1956年的文章中，把它推迟到公元前4世纪。但是竺老最后说："中国二十八宿创立的时期，仍有待于更多事实的发掘和更深入的研究才能确定。"现在我们可以告慰竺老的是：1978年夏天在湖北随县发掘的战国初期曾侯乙墓（安葬于公元前433年或稍晚）内，在一个油漆衣箱的盖子上，有用古篆文写的一圈完整的二十八宿星名，并有与之相对应的青龙、白虎图象，这不但把二十八宿出现的文献记载提前了，而且证明四象与二十八宿相配的起源年代也是很早的[6]。1979年上海潘鼐根据石氏星经所进行的研究，也表明"二十八宿的成立，至迟当约为春秋中后期"[7]。

竺老关于中国天文学史的另一篇重要文章是：《论以岁差定〈尚书·尧典〉四仲中星之年代》（1927）。这篇文章不仅是用现代科学方法整理我国古代天文史料的开始，而且对历史学界产生了巨大的影响。20世纪20年代，我国历史学界受欧洲科学的影响，对古史材料重新估价的口号高唱入云，作为儒家最早经典的《尚书》（又名《书经》或《书》）便首先受到怀疑，认为是后人的伪作。一时疑古派很占优势。但是，另一派认为，《尚书》开头几篇都有"曰若稽古"便足以证明，这些文章非当时所作，而是后人的追记，不过他们追记时未必没有根据，因此我们也不能轻易不信。信古派有这么一种看法，但没有充分的论据。此时竺老异军突起，把握住《尚书·尧典》中"日中星鸟，以殷仲春"，"日永星火，以正仲夏"，"宵中星虚，以殷仲秋"，"日短星昴，以正仲冬"四句话，认为这是春分、夏至、秋分和冬至四个节气之日于初昏以后观测南方中天恒星的纪录。接着他设计出一套方法：先考虑观测地点（主要是纬度）和晨昏蒙影时刻，从理论上求出二分二至时南中星的赤经；再从1927年《天文年历》中查出观测星的赤经，将这两个数据之差用岁差常数（50″.2）来除，就得到是1927年以前多少年观测的。他先用这个方法对确实可靠的《汉书》中的记载进行试算，发现符合得很好；再把它应用到《尧典》上，所得结果是：《尧典》中所记的四仲中星，除了"日短星昴"以外，其他三个都是殷末周初（即3 000年前）的天象。

历史学家徐炳昶读了竺老这篇文章，无比佩服。他在《中国古史的传说时代》一书的《序言》（1941）中说："读到《科学》上所载，专家竺可桢先生所著的《论以岁差定〈尚书·尧典〉四仲中星之年代》一文，欢喜赞叹，感未曾有！余以为必须如此才能配得上说是以科学的方法整理国

故！这样短短的一篇严谨的文字印出，很多浮烟涨墨的考古著作全可以抹去了！”

徐炳昶先生赞赏竺老的科学方法，并认为所得结果是对他的最大支持，还把竺老的论文收集在他的书中。但是徐老不同意竺老关于“尧都平阳”（北纬36度）的选择。事过50多年以后的今天，重庆特殊钢厂赵庄愚先生根据《尧典》中的上下文判断出四仲中星不是在一个地方观测的，而是在“旸谷”（山东东部）、“明都”（湖南长沙以南）、“昧谷”（甘肃境内）和“幽都”（北京一带）四个地方观测的，这样再用类似的方法计算，结果证明：“日短星昴”也不例外，四仲中星构成一个系统，属于距今4000年以前的天象，也就是夏朝初年的天象。这比竺老的结果又向前推了1000年，祖国文化的历史悠久再一次得到证实。（赵文将在上海科技出版社出版的《科技史文集·天文学史专辑》中发表。）

关于中国天文学史，竺老还有一篇综合性的论述，那就是1951年2月25—26日发表在《人民日报》上的《中国古代在天文学上的伟大贡献》。文章首先指出，中国古代天文学有两大特点：一是注重实用，二是历史悠久，连绵不断；接着分三个时期叙述了从殷周到明末的我国天文成就。这篇文章对于宣传爱国主义，起了很好的作用。许多报刊取材于此文，写了好多短文；《科学通报》和《旅行杂志》做了全文转载；苏联《自然》杂志也于1953年10月号译载了这篇文章。

作为《中国古代在天文学上的伟大贡献》一文的姊妹篇，《中国过去在气象学上的成就》于1951年4月16日在中国气象学会第一次代表大会上报告以后，《气象学报》、《科学通报》等四家刊物竞相刊载，流传甚广，影响很大。文章认为，在观测范围的推广和深入、仪器的创造和发明、天气中各项现象的理论解释这三个方面，我国在15世纪以前都是领先的。现在有一点需要更正的是，在这篇文章中，竺老认为张衡的“候风地动仪”是两个仪器，即观测风向的“相风铜乌”和观测地震的“地动仪”。后来张德钧[8]和王振铎[9]都说明，“候风地动仪”是一个仪器，《三辅皇图》中记载的相风铜乌起源甚早，非始于张衡。

如果说《中国过去在气象学上的成就》是我国古代气象学的概括，那么竺老为《中国近代科学论著丛刊——气象学》写的《序》(1953)，便是我国近代气象学史的总结。在这篇文章中，竺老既批判了那种对解放前的气象工作全盘否定的极“左”态度，又指出解放前气象工作的缺点是：脱离实际，盲目地崇拜挪威派锋面学说，严重地受了环境决定论的影响。这种一分为二的、实事求是的态度可以说是科学史工作者的模范。

竺老从经、史、子、集，以及笔记、小说、日记、地方志、诗文集中所搜集的气象学史料是大量的，不过他没有用来写《中国气象学史》这么一本书，而是用来研究气候变迁。众所周知，气候变迁是他用力最多、成就最大的一个领域，从1925年发表《南宋时代我国气候之揣测》起，先后共发表这方面文章7篇[10]，而以1972年发表的《中国近五千年来气候变迁的初步研究》为最成熟。这是他50年来在这方面工作的心血结晶。文章指出，5000年来，在前2000年中，黄河流域平均温度比现在高2℃，冬季温度高3℃—5℃，与现在长江流域相似，后3000年有一系列的冷暖波动，每个波动约历时400—800年，年平均温度变化范围为0.5℃—1.0℃。他还论证了气候波动是世界性的。这篇文章内容丰富，立论严谨，得到美、英、日、苏各国科学界的一致称赞，并引起了敬爱的周恩来总理的重视和关怀。就在这篇文章发表以后，一次我去拜访竺老，谈到气象学史的问题，他说，就以这篇文章中的资料为线索，再补充一些东西，就可以构成一部中国气象学史，希望将来能有人做这件工作。

二　对于科学家的研究

竺老对中外历史上有成就的许多科学家进行过深入的研究，宣传他们的成就，总结他们的治学精神和治学方法，以激励后人。

《北宋沈括对于地学之贡献与纪述》(1926)第一次系统地评述了沈括(1031—1095)在地理学、地质学和气象学上的贡献，文中许多观点至今为人们所引用。文章指出，沈括在地形测量[457]① 和地面模型的制作[472]方面领先于世界；他关于华北平原成于黄河、海河堆积[430]和浙江雁荡山谷地成于流水侵蚀[433]的认识都符合于今天的地质学知识；他关于陆龙卷的记载[385]是我国气象史上稀有的资料；他注意到了气候和纬度、高度的关系[485]；他对于经济地理贡献尤多，如关于食盐[208]和茶叶[221]的论述，记录了品种、产地、销区以及税收和运输等情况。

这里需要说明的是关于沈括预见到石油"后必大行于世"的问题。沈括是把石油的烟作为一种制墨的新材料来说的，并不是当做现代意义下的新能源来说的。原文是："鄜、延境内有石油。……余疑其烟可用，试扫其煤以为墨，墨光如漆，松墨不及也；遂大为之，其识文为'延川石液'者是也。此物后必大行于世，自余始为之。"[421]。"延川石液"是一种墨的名称，清人唐秉钧《文房肆考》中曾提到过。竺老对这一段文字有误解，其后又以讹传讹，被很多人引用来说明沈括预见到石油在今天国民经济中的作用。这是不恰当的，希望以后的出版物中能有所改正。

1941 年是明代地理学家徐霞客(1586—1641)逝世 300 周年，浙江大学在贵州遵义开会纪念，竺老作了《徐霞客之时代》的报告，认为霞客既具有中国人"忠、孝、仁、恕"的旧道德，又有为寻求自然奥秘历艰涉险的新精神，纵览与徐霞客同时代的欧洲探险家，如弗兰西斯·德莱克(Francis Drake)、汤马斯·卡文迪什(Thomas Cavendish)等，"无一不惟利是图，其下焉者形同海盗，其上焉者亦无不思攘夺人之所有以为己有，而以土地人民之宗主权归诸其国君，即是今日之所谓帝国主义也。欲求如霞客之以求知而探险者，在欧洲并世无人焉"。短短几句话充分地揭露了资本主义原始积累时期向外扩张的殖民性质，正如马克思所说："资本来到人间，从头到脚，每个毛孔都滴着血和肮脏的东西。"[11]

关于与徐霞客同时代的徐光启(1562—1633)，竺老共写过三篇文章[12]，对之推崇备至。徐光启比英国唯物主义的真正始祖、近代实验科学的倡导者弗兰西斯·培根(1561—1626)小一岁，晚去世七年。竺老于 1934 年在《近代科学先驱徐光启》一文中将此二人进行比较研究，发觉光启比培根伟大得多：第一，培根著《新工具》一书，强调一切知识必须以经验为依据，实验是认识自然的重要手段，但仅限于书本上的提倡，未尝亲身操作实践；光启则对于天文观测、水利测量、农业开垦统富有实践经验，科学造诣远胜于培根。第二，培根过分强调归纳法的重要性，忽视了演绎法的作用；光启从事科学工作，则由翻译欧几里得几何入手，而这本书最富于演绎性，培根之所短，正是光启之所长。第三，培根著《新大陆》(New Atlanlis)一书，主张设立理想的研究院，纯为一种空想；光启则主张数学是各门科学的基础，应大力发展，同时还应延揽人才，研究与数学有关的十门学科，即所谓"度数旁通十事"，包括天文气象、水利、音乐、军事、统计、建筑、机械、地理、医学和钟表，既具体又适用。第四，培根身为勋爵，曾任枢密大臣，但对于国事毫无建树；光启任宰相，对于发展工农业做出了重要的贡献，由他在今北京通县训练的 4 000 名战士，后来在辽东作战屡建奇功，他曾预见到日本将来可能假道朝鲜侵略中国，建议

① 方括号中的数字表示所使用的材料在胡道静《新校正梦溪笔谈》(中华书局 1957 年版)中的编号。

在多煤多铁的山西省建立兵工厂，铸造洋枪大炮。第五，论人品，培根曾因营私舞弊被法院问罪，关进监狱；光启则廉洁奉公，不受馈赠，盖棺之日，身无分文。

对光启、培根二人进行了这番比较以后，竺老给自己提出了一个问题："何二者贤、不肖之相去如此其远，而其学术之发扬光大乃适得其反耶？"培根逝世后 43 年间，《新大陆》一书不胫而驰，凡经 10 版，英国皇家学会即依照理想研究院的模型而成立于 1660 年；《新工具》一书所起的影响更大，被认为是"实验科学之父"，牛顿、波义耳、惠更斯等无一不奉之为圭臬。反观徐光启的著作，逝世后十分之九散失，清初黄宗羲（1610—1695）作《明儒学案》，凡朱熹、王阳明学派之有一言足录者，无不采入，就是和徐光启同样信耶稣的金声（进行抗清斗争，被俘后不屈而死），也未遗漏，惟独没有徐光启。徐光启培养人才的建议，除崇祯皇帝批了个"有关庶绩，一并分曹料理，该衙门知道"外，300 年间无人过问。

1934 年竺老提出这个问题，没有回答，只是慨叹了一句："是则徐之不幸耶？抑亦中国之不幸耶？"经过 10 年研究以后，于 1943 年发表《科学与社会》一文，正确地回答了这个问题。他说："一个人物无论如何伟大，一种运动无论如何风靡，不能离开时代的背景，而可得到一个合理的解释。欧洲近代科学之兴起，有人归功于牛顿和伽利略、开普勒几位科学家，实是大误。要了解牛顿（1642—1727）之何以能在 17 世纪应运而生不先不后，这不能不推想到那时代已经成熟，所以有水到渠成的形势。"① 接着分析了 16、17 世纪欧洲社会环境及其对于科学的需要，又用 1669 年牛顿给埃斯顿（F. Aston）的信证明牛顿所关心的问题都是当时生产上亟待解决的问题，指出牛顿对于科学上的三个最大贡献（万有引力定律、微积分、白光通过三棱镜后分为七种颜色），若非牛顿出世，在当时的欧洲也要被旁的科学家发现，但时间可能稍晚。事实上微积分和万有引力定律是谁发现的，当时已有激烈争论。莱布尼兹亦发明微积分，胡克亦发现万有引力定律。竺老的结论是：英雄所见略同，以英雄乃时势所造成；时势同则英雄之见解与造诣亦相同；文艺复兴以后，欧洲科学突飞猛进，人才辈出，乃由于生产的需要所促成；徐光启逝世后 300 年间近代科学之所以不能在中国生根，也正因为生产落后之故。

对于欧洲近代科学从何时算起的问题，竺老也有精辟的论述。他不同意把牛顿当做近代科学的开始，把哥白尼当做希腊科学的继承人。他说："这种评论完全是颠倒事实的言论。哥白尼（1473—1543）的学说是从实际的观测结果出发，结实地站在科学事实的基础上，绝不是只凭空想，是唯物的不是唯心的，和毕达哥拉斯学派有着根本的区别。"他在《哥白尼在近代科学上的贡献》（1953）一文中，高度赞扬了哥白尼"离经叛道"的勇敢精神，并引述德国诗人歌德的话说："自古以来没有这样天翻地覆地把人类的意识倒转过来。因为若是地球不是宇宙的中心，那么无数古人相信的事物将成为一场空了。谁还相信伊甸的乐园，赞美的歌颂，宗教的故事呢？"所以恩格斯把哥白尼的不朽著作当做近代科学的独立宣言，是完全正确的。在这篇文章中，竺老第一次写了"地动说传入中国"一节。以此为线索，在竺老的指导下，作者和其他几位同志在 1973 年写了《日心地动说在中国》一文[13]，发表后受到了国内外的好评。

恩格斯在《自然辩证法·导言》中把哥白尼的《天体运行论》（1543）当做近代科学的开始，以牛顿和林奈（1707—1778）作为第一阶段的结束。竺老认为，"恩格斯把林奈和牛顿并列不是偶然的"，林奈是第一个给世界上全体人类以一个称号，一个科学名词 Homo Sapiens，意思是"有智慧的人"，他于 1753 年建立的双名制生物分类，使杂乱无章的千万种动植物统可用一个简单

① 竺老在《为什么中国古代没有产生自然科学？》（刊于 1946 年《科学》第 28 卷第 3 期）一文中，有差不多相同的一段话，这里的引文是把两处并起来的。

系统来分类命名，这个功绩正和牛顿的万有引力定律把天空中万千物体极其复杂的运动归纳成一个简易明晓的规律一样，这在科学史上统是具有革命性的伟大贡献。但是，他和牛顿一样，受到同样的时代的限制，这限制就是哲学上的一种偏见，即自然界的绝对不变性。林奈是虔诚的宗教徒，他晚年对于动植物种类不可变的学说虽不如当初的坚持，而且相信杂交可能产生新种，但他的学生满布欧洲各国，统信动植物种类一成不变为金科玉律，这对19世纪进化论的传播起了很大的阻碍。“但是，牛顿和林奈受时代限制的这种缺点并不减少他们在科学史上丰功伟绩的光辉。”(《纪念瑞典博物学家卡尔·林奈诞辰250周年》)

在这个自然界绝对不变的形而上学的自然观上打开第一个缺口的是康德和拉普拉斯的星云说，第二个是赖尔的缓慢进化说，第三个是人工合成有机物，第四个是格罗夫的热之唯动说，第五个是达尔文的进化论，第六个是洪堡的自然地理学。(《自然辩证法》，173—174页)。洪堡(1769—1859)走遍了西欧、北亚和南北美洲，对气象学、火山学、地貌学和植物地理学都有开创性的贡献。竺老对洪堡和中国的关系甚有研究，他在《纪念德国地理学家和博物学家亚历山大·洪堡逝世一百周年》(1959)一文中指出：(1)洪堡发现我国西藏南部在北纬30度上的雪线为5000多米，比南美洲赤道上基多地方的雪线高200多米。同时他又指出在青藏高原上到4600米高度尚可种植五谷(现已查明只到4200米)，但在喜马拉雅山南坡只到3270米高度。他解释喜马拉雅山北坡雪线和森林草地带特高的原因，是由于大块凸起的青藏高原吸收了大量太阳辐射，因而形成一个热源的缘故。这一解释最近已为我国气象学家所证实。(2)由于洪堡的建议，道光二十一年(1841)在北京俄国教堂中建立的地磁气象台，是我国第一个正式气象台和地磁台。台中所作从1841年到1882年(中间有两度停顿)的气象和地磁纪录，至今尚有比较价值，竺老曾写过专文：《前清北京之气象纪录》(1936)。(3)洪堡推断中国古代地理学超越同时代的希腊和罗马。他对中国古代的天象纪录非常重视，他把贝窝所译《续文献通考》中的新星记载和西方的纪录做对比，因而提出这样的问题：“为什么1604年开普勒新星见于《续文献通考》，而1572年的第谷新星却不见呢？以中国古代天文学家的勤快，当不至于遗漏吧？”[14]洪堡提出的这个疑问，已在竺老的指导下，由作者于1954年作了回答：1572年第谷新星见于《明史》，《续文献通考》给遗漏了。再者，洪堡在《宇宙》中所列历史上的新星只有21个，我们已经寻找到90个之多[15]。

竺老在评价这些杰出科学家功过和贡献的同时，尤其注意他们的治学方法和治学态度，在这方面他有一篇很好的文章，即《科学之方法与精神》(1941)。他认为：“科学方法可以随时随地而改换，但科学精神是永远不能改变的。”他从哥白尼、布鲁诺、伽利略、开普勒、牛顿、波义耳等人身上总结出了三点精神(也就是治学态度)：“(1)不盲从，不附和，一切以理智为依归。如遇横逆之境遇，则不屈不挠，不畏强暴，只问是非，不计利害。(2)虚怀若谷，不武断，不蛮横。(3)专心一致，实事求是，不作无病之呻吟，严谨整饬毫不苟且。”这三点精神，竺老不只是说给别人听的，而是贯彻在他的一生中。1942年1月在反对孔祥熙的游行中，他走在队伍的最前面。1947年11月他抵制了蒋介石要他更正“于子三之死是千古奇冤”的谈话。1968年2月他顶着林彪、“四人帮”的逆风论证科学院在17年中执行的是“红线”，这符合第一点。他从不压制和打击与自己不同意见的人，我亲眼看到钱宝琮经常和他争论得面红耳赤，但争论完了仍然是好朋友；他曾接受群众的意见，在报刊上公开更正自己文章中的错误，这符合第二点。他赞同法国科学家彭加勒(1854—1912)的意见：“惟有真才是美”。他从不作无病呻吟、随意夸张之文，他的论文都是一改再改，精益求精，二十八宿起源问题写了三遍，气候变迁问题写了七遍，这符合第三点。我的意见是：竺老就是这三点精神的体现者，是我们学习的榜样。

三　对科学史的组织倡导工作

竺老是巴黎国际科学史研究院院士,从1916年发表《朝鲜古代的测雨器》到1974年2月7日去世,共发表科学史文章约50篇,占他全部著作的六分之一。从天文、地理到气象、航空[16],人、事、物都有,中外古今齐全,真是:资料丰富,领域辽阔,观点鲜明,数量众多。此外,他还给我们留下了38年又37天(自1936年1月1日至1974年2月6日)的日记,约800万字,这日记本身就是中国近现代科学史长编,而且其中包含着他的大量读书笔记,如1944年6月18日记载着:"据英人研究,猫的名称我国与埃及竟相同。猫在英国的历史尚不到1000年,但在埃及4000年前已受人崇拜。在公元前1800年一碑上即有Mau字,即猫,与中国同音。可怪也。……于汉初自埃及传至欧洲,于948年始达英国。"对于这份丰富的遗产,亟待我们组织人力,进行研究。但是,竺老一生中,花费时间最多的还不是写作,而是做组织领导工作。他主持浙江大学十三年,桃李满天下;他创建中央研究院气象研究所;他领导中国科学院多方面的工作;这里只想说说我所知道的他对自然科学史的组织、领导和倡导。

1949年中国科学院成立后不久,即"决定要从事两项重要的工作:一是中国科学史的资料搜集和编纂,二是近代科学论著的翻译与刊行"。郭沫若院长说:"我们的自然科学是有无限辉煌的远景的,但我们同时还要整理几千年来的我们中国科学活动的丰富的遗产。这样做,一方面是在纪念我们的过往,而更重要的一方面是策进我们的将来。"(《中国近代科学论著丛刊》序,1953)这两项重要的工作,即落在竺可桢副院长的肩上。竺老于1952年召集对科学史有兴趣的科学家举行了一次座谈会,讨论如何开展工作。1954年成立了中国自然科学史研究委员会,由竺老任主任,叶企孙和侯外庐任副主任(均系兼职)。委员会负责协调国内科学史的研究工作,并在中国科学院历史研究所第二所(即现在中国社会科学院历史所)内设立办公室,筹建专门研究机构,此时竺老每星期来半天处理日常工作。为了使这项工作引起社会上的重视,竺老于1954年8月27日在《人民日报》上发表了《为什么要研究我国科学史?》一文,文章从历史上地震纪录的研究对厂矿企业、铁路、桥梁、水库、电站等选址的作用和历史上的新星纪录对天空无线电辐射源研究的作用等方面,论证了研究我国科学史的重要性和必要性。

1956年在竺老的主持下,制定了科学史研究的长远规划,召开了中国自然科学史第一次讨论会。在讨论会的开幕式上,竺老作了《百家争鸣和发掘我国古代科学遗产》的报告,正确地回答了在全国向科学技术进军,力争在短期内赶超国际水平的时候,为什么还要"在故纸堆里去找题材,到穷乡僻壤中去总结经验"的问题,对今天的科学史工作仍有现实意义。报告要求,科学史工作者应从三个方面对社会主义做出贡献:(1)阐明中华民族在世界科学史上所占的地位;(2)发掘我国劳动人民所已经掌握的防治疾病、增加生产和减免自然灾害的一切知识和方法,分门别类地把它们整理出来,综合分析,做出总结,再进一步应用到实践上去,为人民谋福利;(3)科学是国际性的,一种技能的发现,一种知识的获得,往往是辗转传授,要研究中外科技史上的交流,促进各国人民之间的友好关系。

开完中国自然科学史第一次讨论会,竺老又于同年9月率代表团到意大利参加第八次国际科学史大会,参加了主席团,并宣读了关于二十八宿起源的论文,得到各国学者的好评。回国后即紧张地进行中国自然科学史研究室的筹建工作,该室于1957年1月1日正式成立。在中国自然科学史研究室的筹建过程中,从经费预算、房屋设施到人事调配,竺老无不一一过问。李俨和钱宝琮这两位高级研究人员的调进,都是竺老向周恩来总理面谈,得到批准的。

1957年创办《科学史集刊》,竺老因兼职过多,未担任主编和编委,但这个刊物开编委会,

有请必到；送去审查的稿子，他都很快提出具体意见。他为这个刊物写了《发刊词》，指出“科学史工作者的任务不仅要纪录某一时代的科学成就，而且还必须指出这种成就的前因后果、时代背景以及为什么这种成就会出现于某一时代某一社会里，而不出现于别的时代别的社会里”。这个要求是相当高的。他多次建议，《科学史集刊》应该与农业生产挂钩，由他约请辛树帜写的《我国水土保持的历史研究》，在第2期上刊出后，得到农学界的好评，并被日本《科学史研究》详细摘录发表。

竺老对于协助国际友人，培养人才，鼓励后进，非常辛勤。他去世后，英国学者李约瑟曾在1974年8月16日的《自然》上著文称赞竺老“具有远见卓识，同情他人，和蔼可亲，……许多在中国工作过的西方科学家都对他的成功的帮助，深表感谢”。自我和他认识之日起，每问问题，他总详细回答，回答不了的，写信告诉，例如，1955年12月28日的一封信是：

泽宗同志：

日前承告知《史记·天官书》“贱人之牢，其牢中星实则囚多，虚则开出”疑是司马迁已知变星。揆之《〈史记〉正义》之言更为明了。近阅朱文鑫《〈史记·天官书〉恒星图考》引王元启《〈史记〉正伪》云“贯索九星正北一星常隐不见，见则反以为变”云云。按西洋R Coronae Borealis到1795年始知为变星，其星等可自5.9～15.0，最亮时也只六等，可知我国古代天文观测者目光尖锐。

变星中最易发现者应该是Mira (o Ceti)蒭藁增二(星等3.4～9.2)和Algol(β Persei)大陵五(星等2.4～3.5)，古代不知是否已经觉得，请你便中注意。

此致

敬礼

竺可桢

1955.12.28

又启者：

按贯索中有三个变星，其中S(6.1～12.0)在半圈之外。T在贯索第六星旁(星等2.0～9.5)，在西洋于1866年始发现T为新星，但Leon Campell书《The Story of Variable Stars》中疑为recurring nova，可能我们在古代曾见到过。朱文鑫所说近第六星者，疑是T变星，非R。

桢又及

1959年自然科学史室组织编写《中国天文学史》和《中国地理学史》，每部稿子都是20～30万字，送给他看，他除了随手改正错别字和批注意见外，还写出总的意见。

1952年龚育之发表文章批评《科学通报》，他立即到清华大学去访问(当时龚还是学生)，征求意见。1960年薄树人在《科学史集刊》第3期发表《中国古代的恒星观测》，他立即找科学史室主任李俨要求见这位同志。

科学史研究室的归属关系几经改变，但他始终关心这个单位和这方面的工作。1957年冬天的一个早晨，许多人还没有上班，他就来送消息，说：“袁翰青先生可能离开情报所，你们赶快欢迎他到这里来。”1965—1966年他组织人力编写世界科学家传记，写世界科学发展史的文章，并且自己带头写了《魏格纳传》，共六章，约7～8万字。不幸的是，这些稿子在十年浩劫中全部散失。1970年科学史室已被“一锅端”，全体下放到河南五七干校劳动，他听说有人要处理一批科学史的书，便赶快写信到河南，希望能有人回来接受。1972年4月我从干校回京探

亲，去拜访他，他说："毛主席说，要研究自然科学史，不读自然科学史不行。可是现在把自然科学史室关门，这哪里符合毛泽东思想！"

很遗憾，竺老逝世早了一点，没有看到以后的变化。竺老逝世后第二年，邓小平副主席主持中央工作期间，恢复了自然科学史室的工作，并将它改为研究所。竺老逝世后的第三年，"四人帮"垮台，科学的春天来到了。1978年科学史研究所重新回到中国科学院，科学史和方法论的研究，被列为科学院的重点项目之一，也是全国科技重点项目之一，竺老所倡导的历史地震纪录的搜集整理工作，天象纪录的整理和利用工作，都有大批人力在做出新的成绩并达到新的水平，一套中国科学史丛书正在编写中，世界、近代科学史的研究也已提到日程上，今年十月即将召开第二次全国科学史讨论会和成立中国科学技术史学会，竺老有灵，亦当含笑于九泉。

参 考 文 献

[1] 竺老关于二十八宿的三篇文章是：(1)《二十八宿起源之时代与地点》，1944年，《思想与时代》第34期，《竺可桢文集》(以下简称《文集》)第234—254页．(2)《中国天文学中二十八宿的起源》(英文)，1947年，Popular Astronomy，55卷第2期。(3)《二十八宿的起源》，1956年，《第八届国际科学史大会论文集》(英文)第1卷，第364—372页，译文见《文集》第317—322页．

[2] 费利奥扎(Filliozat)文见《世界史杂志》(法文)，第1卷第2期，1953年。转引自[3]．

[3] 夏鼐．从宣化辽墓的星图论二十八宿和黄道十二宫．考古学报．1976(2)；考古学和科技史．北京：科学出版社，1979．29—50

[4] 钱宝琮．论二十八宿之来历．思想与时代．1947(43)．

[5] O. Neugebauer. The Exact Sciences in Antiqulty 古代的精密科学．Princeton：1952．97—98

[6] 王健民等．曾侯乙墓出土的二十八宿青龙白虎图象．文物．1979(7)．

[7] 潘鼐．我国早期的二十八宿观测及其时代考．中华文史论丛．1979(3)．

[8] 张德钧．候风仪．文物．1962(2)．

[9] 王振铎．张衡候风地动仪的复原研究(续完)．文物．1963(5)．

[10] 竺老关于气候变迁的七篇文章是：(1)《南宋时代我国气候之揣测》(1925年)，《科学》10卷2期，《文集》第52—57页．(2)《中国历史上气候之变迁》(1925年)，《东方杂志》22卷3期，《文集》58—68页．(3)《中国历史时期的气候波动》(英文)(1926年)，《Geographical Review》，第16卷，274—282页．(4)《中国历史时期的气候变化》(英文)(1931年)，《Gerlands Beitrage zur Geophysik》，第32卷，29—31页．(5)《中国历史上气候之变迁》(1933年)，《国风》，第2卷，第4期．(6)《历史时代世界气候的波动》(1961年)，1961年4月27—28日《光明日报》，《文集》412—425页．(7)《中国近五千年来气候变迁的初步研究》(1972年)，《考古学报》第1期，《文集》475—498页．

[11] 马克思．所谓原始积累．马克思恩格斯选集：第2卷．北京：人民出版社，1972．(265)

[12] 竺老关于徐光启的三篇文章是：(1)《纪念明末先哲徐文定公》(1933年)，《宇宙》4卷8期．(2)《近代科学先驱徐光启》(1934年)，《申报月刊》3卷3期．(3)《〈徐光启纪念论文集〉序言》(1962年)；《文集》第432—435页．

[13] 席泽宗．日心地动说在中国．中国科学．1973(3)．

[14] 洪堡(Humboldt)．Cosmos(宇宙)．3，219

[15] 席泽宗．古新星新表．天文学报．1955．3，(2)

[16] 竺老有一篇关于早期航空史的长篇文章，见《文集》8—17页．

写于1980年8月

〔原刊《纪念科学家竺可桢论文集》，
北京，科学普及出版社，1982〕

Chinese Researches in the History of Science and Technology: 1982

In China the number of organizations and publications in the history of science has been continuously increasing, as has the number of articles on that subject in every sort of publication devoted to the sciences and social sciences. In 1982 the number of articles published throughout the country exceeded seven hundred and fifty, an increase of one and a half times over 1981. I will survey the book and periodical literature under the following headings:

1. Discussions of the failure of modern science to develop independently in China
2. History of natural sciences
3. History of applied sciences
4. History of scientific thought
5. History of scientific organizations

References and abbreviations are listed at the end of this essay. A few supplementary references have been provided in footnotes by the Editor (N. Sivin).

The Failure of Modern Science to Develop Independently in China

In 1982 the first general history of Chinese science and technology, by Du Shiran and other members of the Institute for the History of Natural Science, Academia Sinica, was published in preliminary form by Science Press. Its ten chapters, in two volumes, discuss the beginnings of science, the formation of concepts from experience (to 770 B.C.), the foundations (770—221) and formation of a system of science (221—A.D. 220), its strengthening and enhancement (220—581), its continued development (581—960), its zenith (960—1368), its slowed advance (1368—17th century), the first influx of Western science and technology (17th century—1840), and modern science and technology (1840—1919). The basic structure of the book is chronological, but with some exceptions for the sake of focus. At the end of the book a "Conclusion" of about 27 000 characters takes up four questions:

1. Science as a revolutionary force that propelled history
2. The social conditions for the development of science
3. Whether ancient Chinese science was systematized
4. The reasons for the retardation of Chinese science in modern times

The authors believe that, whether we consider the course of development, methods of approaching and solving problems, or content, ancient Chinese science clearly differed from that of ancient Greece, India, or medieval Islam, and formed an integral system. Once this system had been

produced, it became an invisible barrier that remained to some extent autonomous, conservative, and exclusive. As this system itself became richer and more fully developed, these three characteristics became more prominent, constituting one of the reasons that modern science was unable to be produced or accepted in China. But the authors believe that the reasons for China's backwardness in modern science cannot be found entirely within the old system of science. Analysis must begin with the influence of China's feudal society upon scientific development:

1. The self-sufficient, small-scale agricultural and commercial economies did not develop fully.

2. The feudal oligarchy was able to enforce intellectual orthodoxies.

3. Science and technology as managed by government officials only satisfied the needs of feudal rule. This management to a very large extent meant that the outcomes of scientific research could have little effect on the development of production.

4. The feudal rulers in successive ages, unlike the bourgeoisie, never recognized the social functions of science.

5. Blindly chauvinistic attitudes toward the imperial government and toward Chinese civilization hindered learning about advanced science from foreign countries.

Chen Wuquan's "The cultural tradition that shackled the development of Chinese science and technology" approaches this problem from a different angle. "A philosophical tradition that stresses practical application and despises the pursuit of cognitive understanding can rarely provide methodological or intellectual inspiration for the development of science"; "an ethical tradition that ignores material well-being deprives scientific development of a fundamental stimulus"; "a scholarly tradition that lacks a conceptualized cognitive logic and quantitative analysis leaves scientific development stalled at the empirical stage, so that the development of systematized theory is unlikely"; "civil service as the aim of excellence in study makes it difficult for scientific talent to mature"; "the attitude that 'those who do mental work rule others and those who do physical work are ruled by others' leads to the divorce of theory and practice, the separation of intellectuals and craftsmen." These five factors, Chen argues, prevented the development of modern science in China.

Ye Xiaoqing, in her "Several factors adverse to the introduction of modern science into China", believes that, in addition to political corruption, "superficial acquaintance and eagerness for quick success led to faulty principles governing introduction." She asserts that "when the difference between the original foundation and what is to be introduced is too great, the ability to digest and assimilate will be lacking", and speaks of "the bonds of the traditional view of nature".

Wu Deduo, writing on "Xu Guangqi 徐光启 and Bacon", goes so far as to argue that China failed to produce modern science because religion was unable to attain a dominant position there. He says, "In Europe the Church, which represented divine authority, held a ruling position; those who held authority, as well as the common people, were merely the children of God, and equal before God.... This made matters simple.... Once the defense line of divine authority had been breached by progressives,... science was able to strike off its fetters and, responsive to social needs, begin developing with irresistible force. But in old China, the representatives of

feudalism who possessed the highest temporal power were entirely unwilling to tolerate any interference with the diverse measures they took to bind the hands and feet of the people so as to consolidate their own political authority."

Explorations in the History of Science and Technology in China was edited by Li Guohao and others in honor of the eightieth birthday of Joseph Needham, F. R. S., F. B. A. Its thirty-one essays, accompanied by a complete bibliography of Needham's writings, were contributed by thirty-two scholars in eleven countries. Among the contents of this book is "Why the Scientific Revolution Did Not Take Place in China—Or Didn't It?" by N. Sivin. An essay by Needham entitled "Poverties and Triumphs of the Chinese Scientific Tradition" is translated in the first issue of *Science and Philosophy*. ①

In October 1982 the publisher of *Journal of Dialectics of Nature* held a conference in Chengdu to discuss this "scientific revolution problem". An important paper presented at this conference, "The historical structure of science and technology: Reasons for the backwardness of science and technology in China compared with the West since the seventeenth century", has already been published in the *Journal*. The authors, Jin Guantao *et al*., counted nearly two thousand achievements of science and technology in a period of two thousand five hundred years between the sixth century B. C. and the end of the nineteenth century. According to the role of each achievement in its field and its social influence, they worked out scores ranging from 1 (for the manufacture of white lead) to 1000 (for Chinese printing, gunpowder, and the compass, or for Newton's *Principia*). From these scores they derived curves for the cumulative increase in the level of science in China and the West. Using different temporal scales, they obtained values for the net (or absolute) increase in scientific achievement in China and the West in different historic periods.

Their results clearly demonstrated different characteristics of scientific development in China and the West. In China this was a slow increase, continuous and steady. In the West, after a major hiatus, development accelerated from the fifteenth or sixteenth century on. The authors argue that this acceleration was produced by cycles of "theory – experiment – theory" and "technology – science (including theory and experiment) – technology". The authors further point out that here "theory" refers to theories based on a structural view of nature. Scientific experiment must be controlled experiment; technology must comprise unrestricted systems. "Structural view of nature" has two levels of meaning. One is the requirement that natural phenomena be comprehended from a structural point of view; the other is the demand that theory be expressed in logical form. "Controlled experiment" refers to the need to carry out experiments under strictly controlled

---

① The Needham paper was originally published as p. 117 – 177 in A. C. Crombie (ed.), *Scientific Change* (London, 1963), and was reprinted without the valuable discussion as p. 14 – 54 in Needham, *The Grand Titration. Science and Society in East and West* (London, 1969). A revised and expanded version of the paper by Sivin has been published in *Chinese Science*, 1982(5)45 – 66. Note that in Chinese as in English the word "science" is frequently used in a broad sense that includes medicine and technology. It is so used for conciseness in this article.

conditions, so that, if anyone anywhere were to perform the same experiment under the same conditions using the same method, the results would appear with steady probability. "Unrestricted" refers to the ability of the technology to dissociate itself beyond the control of individuals who have mastered it. That is, technology is no longer the art and mystery of a specialized group, but becomes a common productive force in society.

A structural view of nature, controlled experiment, unrestricted technological systems: these three interact cyclically to produce an acceleration. It was in a structure of this kind that modern science attained its accelerating development. The establishment of such a structure was an internal cause of the development of modern science. Social conditions restricted this development by affecting the corresponding links in the structure. In the ancient Chinese system of science and technology, no such cyclic, accelerating structure ever formed. This is the reason that for the past several centuries Chinese science has lagged behind that of the West. As for how the West established this structure step by step, and why China was unable to establish it, the authors plan to give their answers in another essay, entitled "Historical changes in the structure of science and technology", which we await with interest.

The paper of Jin Guantao and his colleagues includes a number of points that call for discussion, but above all it is an attempt at something new. It brings to bear systems theory, information theory, cybernetics, and quantitative method upon the research domain of the history of science. "A preliminary investigation into the laws of development of Chinese and Western medicine", by Li Yongming & Wang Xiaoming, is in some respects similar to the study by Jin *et al.*, and in addition makes use of fuzzy mathematics. In a brief note entitled "Emphasize research on the regularities of the development of Chinese medicine", Nie Guang & Tu Han not only propose that systems theory, information theory, and cybernetics be used to study the history of medicine, but also point out that "research in the history of science not only must answer 'what is it?' but, more important, 'why is it?' Because of this, the inevitable trend of development is from static textual research toward recognition of dynamic relationships, from the collection of empirical facts to the exploration of internal laws."

History of Natural Sciences

History of mathematics. Mei Rongzhao, differing with the opinions of Mikami of Japan, Youschkevitch of the Soviet Union, Needham of England, and Libbrecht of Belgium, maintains after more than three years of research that ancient Chinese mathematics was theoretical, and that its theory was manifested in a concentrated way in the annotations of the Wei-Jin mathematician Liu Hui 刘徽 to the *Jiuzhang suanshu* 九章算术. Liu provided rigorous definitions for important concepts. For correct methods of solution he provided explanations in some instances, and in others derived the methods by logical inference. For empirical or incorrect methods he pointed out on the basis of theory the extent of approximation and the reasons for error, and provided a number of rational deductions. For theorems or formulas related to geometry he carried out proofs using geometric diagrams or methods that combined geometry and algebra. In addition, he introduced

methods involving limits into mathematics for the first time. ②

You Yuzhu describes the incised bone fragments found at a Paleolithic site (roughly twenty-eight thousand years old) north of Zhiyu Village, Shanxi Province. On these bones are incised diagonal lines, varying in number but mostly five or less. They indicate that in the latter part of the Old Stone Age simple numbers were already known and could be used. This revises the priority given earlier to the Neolithic numbers from the Banpo Village site near Xi'an.

Shen Kangshen's "Origin and development of methods for reducing fractions" provides a systematic discussion of methods common in ancient mathematics, especially in the *Jiuzhang suanshu*. Liu Dun, in "Guo Shoujing's 'Draft of the Season-Granting Astronomical Treatise' and its two projections of the celestial sphere", demonstrates that long before the French mathematician Gaspard Monge (1746—1818), Guo Shoujing 郭守敬 (1231—1316) used orthogonal projections on two perpendicular planes to show the relationships between the elements of the celestial sphere, a significant achievement in the history of descriptive geometry.

History of physics. Among the few publications in this field, notable were Wang Jinguang & Hong Zhenhuan on "Ancient Chinese studies of chromatic dispersion by the rainbow" and Zhang Ruikun and Zhu Xinxuan on discussions of sound in Song Yingxing's 宋应星 (1587—c. 1665) *Lun Qi* 论气.

History of chemistry. Wang Kuike *et al.*, "The history of arsenic in China", and Zheng Tong & Yuan Shuyu, "Experimental researches in the history of elemental arsenic refining", represent important work in the history of chemistry. In the first half of the fourth century, Ge Hong 葛洪(283—363) in *Baopuzi Neipian* 抱朴子内篇 recorded a method for isolating elemental arsenic, more than nine hundred years before Albertus Magnus' (1193? —1280) use of soap and realgar for this purpose. Ge's book says: "Realgar:... To ingest it, it may be steamed or boiled, or taken with wine, or first dissolved with saltpeter and then congealed, or steamed in blackgut under a layer of red clay, or mixed with pine resin, or heated with the three substances; it may be stretched out like cloth, and is white as ice". ③ Here "heated with the three substances" may be interpreted in two ways. According to one, the saltpeter (KNO_3), blackgut (large intestine of pig), and pine resin are heated with the realgar; the result of an experiment was an explosion and fire. According to the other interpretation, the three substances are separately heated with the realgar. The result of heating saltpeter and realgar together was arsenic oxide (As_2O_3), which is "white as ice". When pine resin or pork intestine was heated separately with realgar, the result was silvery gray elemental arsenic.

② Liu Hui's geometrical and other proofs have also been analyzed by Donald Blackmore Wagner, "Liu Hui and Tsu Keng-chih on the Volume of a Sphere", *Chinese Science*, 1978(3)59 - 79, and "An Early Chinese Derivation of the Volume of a Pyramid: Liu Hui, Third Century A.D.", *Historia Mathematica*, 1979(6)164 - 188.

③ *Baopuzi neipian* (Pingjinguan congshu ed.), 11:9b. The ability to be stretched indicates amorphous arsenic formed by slow congelation at low temperature; the resemblance to ice suggests crystalline arsenic oxide.

Zhang Yunming has pointed that the sulfur that was an important ingredient in ancient Chinese gunpowder was not native sulfur but was produced by building a furnace at the site of a sulfur mine and heating the crude sulfur with coal found alongside it or brought from a nearby coal mine. Liu Bingcheng argues that the mineral *wumingyi* 无名异 that appears in the technological encyclopedia *Tiangong Kaiwu* 天工开物 (1637) cannot be identified with pyrolusite (MnO_2). It is a cobalt-bearing mineral found in pyrochroite [$Mn(OH)_2$] deposits, or exogenetic residual eluvial asbolane formed from various superbasic or basic rocks or from the residues of their weathered extrusions. The *huiqing* 回青 mentioned in the same source is a mineral found in weathered cobalt ore deposits, smalt, or a cobalt-bearing ore found in deposits of cobalt-bearing pyrite and in skarn.

Meng Naichang's long "A tentative discussion of 'autumn mineral'" carries further an important discovery by Joseph Needham & Lu Gwei-djen in the 1960's. ④ Needham & Lu caused a sensation among endocrinologists by showing that the preparation of crystalline synthetic hormones by the German steroid chemist A. Windaus (1876—1959) in 1909 (for which he was awarded the Nobel Prize in Chemistry in 1928) had been anticipated in China by the eleventh century. This product was what ancient books recorded as "autumn mineral". Meng says that "purely textual research cannot solve the problem" of the composition and hormonal activity of the diverse products. Unfortunately this essay is still largely textual research; he has not yet been able to reproduce experimentally the six processes he describes. But in four articles published in 1981, Liu Guangding of Taiwan has raised doubts about Needham's explanation (for an introduction to this and other recent contributions from Taiwan see the survey of Xi Zezong). ⑤ Further research on this topic is obviously called for.

History of astronomy. The second volume of Chen Zungui's four-volume *History of Chinese Astronomy* is entirely devoted to knowledge of asterisms (the first volume appeared in 1980). Du Shengyun, in "A study of the locations of fixed stars on the Suzhou Planisphere inscription", has discovered that on this star chart, cut ca. 1247 but based on the stellar survey of 1078/1085, the observed values for declination of the stars contain a systematic error of 0°.59. In the celestial hemisphere from the vernal equinox passing through the summer solstice to the autumnal equinox, stellar right ascensions are low, and in the other hemisphere, high. "A chronological table of sunspots in Chinese, Korean, Vietnamese, and Japanese history", by Chen Meidong & Dai Nianzu, includes 162 records between 165 B.C. and A.D. 1648, 127 of them Chinese. This is an increase of seventeen Chinese observations over the compilation by the Yunnan Observatory

④ Lu Gwei-djen & Needham. Medieval Preparations of Urinary Steroid Hormones. *Medical History*, 1964 (8)2: 101-121; Needham & Lu, "Sex Hormones in the Middle Ages", *Endeavour*, 1968, 27(102): 130-132.

⑤ According to a personal communication from Dr. Liu, the one essay cited in the bibliography supersedes the three previously published. He has not yet tested his argument experimentally.

published in 1976. ⑥ But Ding Youji *et al*. of the Yunnan Observatory have recently claimed that there are nearly three hundred Chinese records of sunspots. In the period surveyed by Chen and Dai, Ding and his colleagues find 154 years for which sunspots are recorded. This is an increase, but the difficulty inherent in work of this kind is that different standards for distinguishing phenomena lead to different results.

Zhuang Tianshan has found five reports of "the sun out at night" in historical sources. Three of these, he has determined, refer to coronal auroras, one to counterglow, and one is unexplainable. Liu Jinyi reports on secular changes in the rising and setting points of the planets as recorded in the twenty-four Standard Histories. His view that the brightness of Jupiter is gradually increasing has aroused much interest.

Zha Youliang points out that Chinese astronomy had two major characteristics that have been overlooked but are of practical significance today. One is that its system was founded on a "normal axiomatic method" based on systematic observation. This method of establishing a system can be called "system feedback resonance"; it has been used in modern physics to establish several important theories. The other characteristic is that the celestial bodies observed (sun, moon, planets) were treated as an integral multi-periodic system; this might be called a "statistical cyclic approximation", similar to that of quantum mechanics. Zha believes that deep research into these two methods can inspire us to explore the possibility of a new "cosmic quantum mechanics". If for this purpose the solar system and other systems are treated as quantum systems, with their observed periods or frequencies converted into energies, the Schrödinger and Heisenberg equations can be derived. One can then solve for the wave functions and eigenvalues of the celestial system rather than merely setting up the two-body equations of Newtonian mechanics or the Einsteinian gravitational field equations. On the other hand the two characteristics of ancient astronomy inspire us to consider that if, under certain conditions, we greatly shorten the period of observation, it is also possible to use a method involving particles, orbits, and the two-body method to study the microcosm. This may put a period to the contention between Einstein and Bohr over the adequacy of quantum mechanics, and deepen our understanding of the wave-particle duality and the Heisenberg uncertainty relation.

The *Xia xiao zheng* 夏小正, as a Confucian canon, has prompted much scholarly research, but no one has noticed that it incorporates a solar calendar in which the year is divided into ten months, and the month into thirty-six days. In recent years Chen Jiujin and his colleagues have carried out a survey of astronomical knowledge in the Liangshan 凉山 region of Sichuan Province. After learning that the Yi 彝 people there used a ten-month solar calendar and tracing it back, they believe that the Xia people, the ruling house of the state of Qi, and the Yi people are all descended from the Western Qiang 西羌 people. The division of the year into thirty-six *jieqi* 节气 in the "Youguan 幼官" chapter of the Qi book *Guanzi* is a clear indication of a ten-month

⑥ Yunnan Observatory 云南天文台 (ed.). 我国历代太阳黑子记录的整理和活动周期的探讨 (An Arrangement of Records of the Sunspot in Our Past Generations and an Investigation of Their Active Periods). *Tianwen Xuebao* 天文学报 (Acta astronomica sinica), 1976, 17(2)217–227.

calendar. The *Xia xiao zheng* speaks of "the handle of the Dipper hanging downward in the first month", "the handle of the Dipper upright in the sixth month", "the longest day in the fifth month", and "the longest night in the tenth month". The interval between opposed phenomena is five rather than six months, which proves that the calendar included ten months. Later scholars, unaware of this, mistakenly distributed the book's celestial and other natural phenomena among the twelve months of the conventional calendar. As a result, when this book is compared with the "Yueling 月令" chapter of the *Li ji* there is a systematic error. This explains Kong Guangsen's 孔广森 (1752—1786) prior discovery that "in the *Xia xiao zheng* the apparent position of the sun differs from that in the 'Yueling' by a constant factor of one *qi*", that is, one-twenty-fourth of a tropical year. Kong was speaking of the average; actually at the beginning of the year there is no divergence, and it increases as the end of the year approaches. Chen also argues that in the 154th song of the *Book of Songs* the phrases "the first day 一之日", "the second day", and so on, explicitly referring to days shortly before the new year, are also traces of a ten-month calendar. Ten months amount to 360 days. In a year of 365 or 366 days there is a surplus, treated as intercalary or epagomenic days at the end of the year after the tenth month. "The first day", and so on, refer to these days.

For further references see the review essay by Zhuang Wei-feng.

History of earth sciences. A special issue of *Kexueshi jikan* devoted to this topic contains seventeen articles, among them Li Erong on "Fifty years of contention regarding the quaternary glacier of Lushan 庐山", Xu Zhaokui on "Wang Xiqi 王锡祺 (1855—1913), geographer of the late Qing dynasty", and Tang Xiren on "Tulichen 图理琛(1667—1741) and his *Yiyu lu* 异域录". Tulichen, a Manchu, traveled as an imperial envoy between 1712 and 1715 to the Torgut tribe, in what is now the lower Volga River near the northern bank of the Caspian Sea. After his return to China he compiled topographical information concerning the part of Siberia he had traversed and the parts of the lower Volga valley that he knew about, along with data concerning distances, customs, products, etc. *Yiyu lu* was the first Chinese book on Russian geography; it entitles Tulichen's name to rank alongside those of China's greatest explorers. Wang Xiqi spent twenty-one years making extracts from general writings on geography (including his own), topographical descriptions, travel itineraries, accounts of travel, information on local conditions and customs, and accounts of the geography of every land and continent. These were compiled in *Xiaofanghuzhai yudi congchao* 小方壶斋舆地丛钞, China's largest geographical compendium. It is a matter for regret that for many years his name has hardly appeared in writings on the history of Chinese geography.

Tang Xiren & Zheng Xihuang's "Thirty years of research in the history of geography in China, 1949—1979" and Cao Wanru's "Some problems in the history of ancient Chinese geography" are general and summary in nature, and are worth reading for that reason. Huang Jiqing's "Chinese pioneers of geological science before the Revolution of 1911" evaluates the writings of Hua Hengfang 华蘅芳 (1833—1902) and other important figures. More recent scientists studied include Amadeus William Grabau (1870—1946), an American geologist who worked for a long period in China, by Pan Yuntang, Weng Wenhao 翁文灏 (1889—1971) by Weng Wenbo, Ding

Wenjiang 丁文江 (1887—1936) by Zheng Xihuang, and Yang Zhongjian 杨钟健(1897—1978) by Zhou Mingzhen.

History of biology. Since 1982 was the centenary of the death of Charles Darwin, Academia Sinica and the Chinese Scientific and Technical Association held a scholarly conference devoted to him in Beijing from 19 to 23 April. At the opening ceremony Wang Zichun reported on "The dissemination and influence of Darwin's theories in China". His text was broadcast inside and outside China. Rong Rong, in "The influence of Chinese biology and agriculture on Darwin", finds that in his important writings there are more than a hundred instances in which he cites materials pertaining to China. Darwinian ideas on biological evolution effected by natural selection thus received direct inspiration from the methods and principles of artificial selection as practiced in China.

Shi Nianhai's "Ecological imbalance in the loess plateau during the historical period and its consequences" has clear practical significance. Pang Bingzhang's "Ancient Chinese historical materials and exegetical writings pertaining to the crested ibis", Liu Changzhi's "China's earliest extant marine fauna, the *Minzhong haicuo shu* 闽中海错疏(1596)", and Yao Dechang's "Origin and modification of the peony as seen in the sources of ancient Chinese science", all contain original ideas.

Applied Science

Technology. The reconstruction of the sets of bells and musical stones from the tomb of the Marquis Yi of Zeng 曾侯乙, who died in 433 B.C., is a milestone in the history of technology. This work confirms and supplements the records of bells and musical stones in the "Kao gong ji 考工记" of the *Zhou li*. Previous discussions of the specifications of bells have depended on this chapter and its commentaries, but reliance on the dimensions of bells in each position as prescribed there turned out to be completely inadequate for restoration of this set of bells. In order to deal with this problem, the Hubei Provincial Museum, the Institute for the History of Natural Science, and four other organizations surveyed and recorded each of the sixty-five bells excavated from the Marquess of Zeng's tomb in Sui County 随县, Hubei. Forty-seven quantitative data were recorded for each bell of the *niu* 纽 type, and fifty-five for each of the *yong* 甬 type (the "Kao gong ji" gives only ten), for a total of more than 3 300 data. Statistical methods were used to analyze these data, resulting in a series of discoveries. In addition, it was possible to settle the meaning of the problematic passage in the "Kao gong ji" which says "There are six ratios for metal. If the metal is divided into six parts and *xi* 锡 [tin and lead] corresponds to one of them, that is the 'bell and tripod ratio'." Over the centuries there have been different interpretations of these words. According to one, the *xi* is one-sixth of the alloy, or approximately 17%; according to another, it is one-seventh, or approximately 14%. Considering the composition of the bells from the Marquess of Zeng's tomb, the latter explanation is closer, so that the text expresses a copper-*xi* ratio of 6: 1.

The polishing and tuning of musical stones are closely related. While restoring the set of

thirty-two chimes from the same burial, the workers from the Hubei Provincial Museum and the Wuhan Institute of Physics found that the larger or thinner the body of the chime, the lower the pitch, and the smaller or thicker the body, the higher the pitch (thickness is defined in proportion to the size of the body). Thus when the pitch is higher than desired, if the flat sides are polished to make the chime thinner the frequency will be lowered; when the pitch is lower than planned, the ends are polished to increase the ratio of thickness to size and raise the frequency. The result proves in practice the correctness of the "Kao gong ji", which says of musical chimes "... if above, they polish the sides; if below, they polish the ends." A number of far-fetched explanations, which labor to "scratch the itch through the boot", now stand corrected.

The successful reconstruction of the Marquess of Zeng's sets of bells and stone chimes, as reported by Hua Jueming & Jia Yunfu (1983), and their use in performance, is the result of a coordinated approach to a strategic problem by historians of science alongside other specialists. The outcome is significant for the development of Chinese music, for artistic metal casting that combines traditional art and modern technique, and of course for the endeavor to reconstruct ancient artifacts. ⑦

The sixty-five bells in this set and their stands together weigh more than five tons. Where did so much metal come from? Xia Nai & Yin Weizhang have provided an answer in their study of the Tonglüshan 铜绿山 copper mines (E. Hubei, in the old state of Chu). They point out that at the time mining, smelting of ores, and casting were carried out in different locations and with some division of labor. At the mine sites roughly forty tons of slag have been found, which according to the typical content of twelve to twenty per cent Cu in ore indicate an output of forty thousand tons, adequate for a very great number of bronzes.

As for the method of refining, experiments in reconstruction carried out at the site by the Institute of Archeology, Chinese Academy of Social Sciences, have shown that the shaft furnaces found at Tonglüshan made copper by reduction smelting of copper oxide ore. The operation of these furnaces was simple. So long as the temperature was kept high enough, regardless of the grade of the ore, or whether it was powdered or in lumps, they could produce yellow copper. They could be charged and the slag extracted continuously, and the copper drawn out intermittently, so that the process was a sustained one. Under normal conditions, one furnace could produce three hundred kilograms of metal a day. ⑧

Another important product of research in the history of technology is the *History of Chinese Ceramics* by Feng Xianming *et al.*, published under the editorship of the Chinese Society of Silicates. The ten chapters of the book narrate in detail the appearance and evolution of Chinese

---

⑦ In addition to the references given above, readers may wish to consult the seven papers published in *Jiang Han Kaogu* 江汉考古, 1981(1)14-51. For an Early Report on Successful Experiments to Duplicate the Ancient Bells and Use Them in Musical Performance, see *Guangming Ribao* 光明日报, 10 Jan and 8 Feb 1983.

⑧ For a Bilingual Account of the Mines, Profusely Illustrated in Color and Black and White, see Huangshi Museum, Hubei, *et al.*, *Tonglüshan (Mt. Verdegris Daye)—A Pearl among Ancient Mines* (Beijing 1980).

ceramics from the time of primitive society to the mid-Qing period, vividly recording this important contribution to world civilization. Thirty-two color plates, and the same number of black and white illustrations, are appended. *Selection of Sources for the History of Chinese Science and Technology*, compiled by a research group in the Qinghua University Library, includes primary materials pertaining to the technology of ceramics, glass, and purple sand. Lin Qiaoyuan *et al*. used nuclear magnetic resonance to study the structure of saturated polymer and lacquer particles in Chinese lacquer articles. This work has led the authors to a clearer understanding of what influences the properties of lacquer and determines its quality. They have provided data for testing the latter and improving the former.

Zhang Hanying, an expert on Yellow River conservancy, cites voluminous historical materials in his *Exploration of Approaches to Yellow River Water Control through History*, providing a systematic survey from high antiquity to recent times. Minister of Water Conservancy Qian Zhengying has published an essay commemorating the birth of the famous hydraulic engineer Li Yizhi 李仪祉 (1882—1938), accompanied by a bibliography of Li's writings. In *Studies of Ancient Navigational Maps* Zhang Sun prints sixty-nine manuscript maps drawn before the eighteenth century, showing navigational routes as far north as Liaoning and as far south as Guangdong.

In *A Concise History of Exploratory Drilling in China*, Zhou Guorong is concerned with the period prior to Liberation. He mainly discusses the development of salt well exploration and of geological and mineral exploration using drill cores, but also takes up exploration in connection with water supplies, engineering hydrology, and ocean geothermics.

History of agriculture. By 1982 the number of specialist journals in the history of agriculture had increased to three, *Agricultural Archeology* (*Nongye Kaogu*), *Studies in the History of Agriculture* (*Nongshi yanjiu*), and *Agricultural History of China* (*Zhongguo nongshi*). These three alone contained ninety-eight articles; adding those on the history of agriculture in other publications, the total is impressive. Two trends are visible in these essays. One is that the scope of research has widened to include crop cultivation, forestry, animal husbandry, sideline production, and fishing, unlike the predominant concern prior to the Cultural Revolution with field cultivation. The other is that more attention is given to archeology and materials from minority nationality areas. For instance, the March 1982 issue of *Studies in the History of Agriculture* contains papers with such titles as "Trends in the exploitation of agricultural land as seen in the distribution of Chinese neolithic sites" by Jia Wenlin, "A preliminary study of the origin, evolution, and dissemination of rice cultivation in China as seen in archeological discoveries" by Yang Shiting, "Ancient crops as seen in excavated artifacts" by Chen Wenhua, as well as an important appendix, "Subject index of materials pertaining to agricultural archeology" by Chen Wenhua & Zhang Zhongkuan. This index is divided into five parts, concerned with crops, implements, fields and water supplies, illustrations, and domesticated animals. This first part covers grains, fiber plants, vegetables and fruits from all parts of China excavated between October 1949 and April 1979. In the January issue of *Agricultural History of China* we find Li Genpan & Lu Xun on "The early primitive agricultural production and lives of the Kucong people" and Song Zhaolin on

"Humanity's development from bee-eating to beekeeping as seen from the Yi people's utilization of wild bees". The Kucong 苦聪 people are a national minority dispersed in three regions of Yunnan Province. A small number of them (about three thousand) lived primitive lives deep in the mountain forests. In 1958 they were found by the People's Liberation Army, which helped them to adopt settled habitations.

Li Fan has provided a concise study of the origins and dissemination of thirty-seven important Chinese cultivated plants, based on paleobotanic remains in their places of origin, historical records, the distribution of wild seeds, variability, ancient nomenclature, the distribution of varieties, and so on. Zhang Yangcai has written on "The relation between climatic changes in historical times and the evolution of Chinese rice-growing regions".

As for biographical studies, Jiang Yian has published a "Biography of Shi Shenghan 石声汉, professor of plant physiology and expert on ancient Chinese agricultural classics". Zhang Shouqi proposes that the great literary and philosophical figure Liu Zongyuan 柳宗元 (773—819) also ought to occupy an important place in the history of early agriculture. Zhang argues that Liu's essay on seasonal activities, "Shiling lun 时令论", is an important discussion of such matters as they relate to agriculture; his"Life of Camelback Guo the tree planter 种树郭橐驼传" is an unusual piece of scientific writing on arboriculture; his "Ox rhapsody 牛赋" had an excellent effect on the protection of oxen used for ploughing in the Sung period; his essay "The elaphure of Linjiang 临江之麋" popularized the idea that most farmers could tame and raise deer; his "Inscription on the well 井铭" with its preface contributed to the improvement of irrigation techniques; his "Questions about Jin 晋问" provides a lively sketch of agriculture, horse-breeding, and especially forestry in Liu's native Shanxi Province; it created an excellent style for literary compositions related to agricultural science.

History of medicine. The formal establishment of the Institute for Documentary Research on the History of Chinese Medicine as part of the Academy of Traditional Chinese Medicine on 28 May 1982 indicates a new departure in such studies. Among publications worthy of introduction are Liu Changlin's *Philosophy of the Huangdi neijing* 黄帝内经 *and the Methods of Traditional Chinese Medicine* and a collection of essays on the *Neijing* (first century A.D.?) edited by Ren Yingqiu in collaboration with Liu. The latter brings together fifteen essays, including a translation of Yamada Keiji's 山田庆儿 renowned "The formation of the *Huangdi neijing*".⑨ They provide meticulous studies from various points of view, including those of philosophy, astronomy, meteorology, and philology. A most interesting part of this book is Ren's "Researches in the *Neijing*: Ten lectures", which summarizes issues in current research and gives his own views.

In textual studies, the reconstruction of the part on acupuncture loci in *Zhenjiu jiayi jing* 针灸甲乙经(A.D.282) by Zhang Shanzhen & Zhang Dengbu makes full use of the relevant literature, and provides a definitive text and explanatory annotations. Fu Fangzhen provides interpretive and supplementary notes on the gynecological chapters of *Yi zong jinjian* 医宗金鉴 (presented to the throne 1743) based on his own clinical experience.

---

⑨ *Acta Asiatica*. 1979(36)67－89.

An entire issue of the *Journal of the Shaanxi College of Traditional Chinese Medicine* was devoted to Sun Simiao (or Simo)孙思邈 (581? —after 673). The fifteen articles include Sun Fuquan, "The influence of the *Book of Changes* on Sun's scholarship and thought in the *Qianjin fang* 千金方", Ren Chunrong,"The contribution of Sun Simiao to the development of schools of thought in medicine", discussions of his contributions to pharmacy, external medicine, and pediatrics, and notes on and translations into modern Chinese of his biographies in the two standard histories of the Tang period.

Almost every issue of *Zhonghua ishi zazhi* contains papers on the history of medicine among minority peoples, which in 1982 included the Mongols (Tai Bao in no. 1), Khitans and Uigurs (Feng Hanyong and Sun Jiande in no. 3), and Tibetans (Wang Yao *et al*. and Hong Wuli in no. 4). No. 2 contains separate responses by Ji Shilai, Tian Shuren, and Chu Dewei to Li Yousong's "The role of schistosomiasis in Cao Cao's 曹操 defeat in the Battle of Red Cliff [A.D. 208]". All three find Li's arguments farfetched, and find the disease irrelevant to the outcome of the battle. The third issue contains an essay by Chen Xianfu on the so-called "Sculpture showing Zhang Zhongjing performing diagnosis by abdominal palpation" at the Baoding Grottoes in Dazu, Sichuan. Despite repeated claims that this carving of the Song period portrays the famous physician Zhang Ji 张机,字仲景 (fl. 196/220), it has nothing to do with medicine. It is simply a detail of a group of Buddhist bas reliefs portraying the evil effects of drunkenness.

History of Scientific Thought

The increase in publications on this subject in 1982 was obvious. Xi Zezong's "Clues to the history of Chinese scientific thought" provides an overview. In addition to tracing in a general way the development of Chinese scientific thought from antiquity to the present, it discusses the definition and tasks of this field and suggests some research topics and some contributions worth reading. Wang Zutao systematically takes up "The evolution of scientific thought on the conservation of matter and motion in ancient China". Among the significant publications of the year is Shu Jingnan, "A preliminary study of Yang Quan's 杨泉 [fl. c. 265] philosophical and astronomical thought", concerned with the author of the *Wuli lun* 物理论. In *Philosophical Research* we find an essay by Liu Wenying on the cosmology of the Naxi 纳西 people of Yunnan, based on one of their literary works, the *Chuang shiji* 创世纪, which was published in 1978. Li Zhongjun has published a critical study of materials on early Chinese ideas of the transformation of ocean into dry land. Gou Cuihua & Xu Kangsheng point out that ancient biological taxonomy was formed by the yin-yang and Five Phases theories, not by the idea of "rectification of names" of the later Mohists (c. 300 B.C.) and Xunzi 荀子(fl. c.298/238), nor by Dong Zhongshu's 董仲舒 (c. 179—c. 104) conception of resonance between the natural and human realms. *Zhonghua yishi zazhi* includes two graduate theses, Ma Boying's "On the epistemological and methodological characteristics of fundamental theories of our country's medicine in its formative period" and Hu Naichang's "A brief discussion of medical thought in the Period of Disunion (A.D. 220—589)". Zheng Hongxin has examined the concept of *qi* 气 in medicine from the philosophic point

of view. Other interesting studies include Shi Yi & Chen Shaoqiang, "A preliminary study of ideas about psychological counseling in traditional medicine", Wang Xunling, "Chinese thought on the unity of heaven, earth, and man", and a translation of "The Cartesian Philosophy before Descartes", an essay published in 1888 by the American missionary W. A. P. Martin (known in China as Ding Weiliang 丁韪良) to show that Descartes' (1596—1650) ether-vortex cosmology had been anticipated by Zhang Zai's 张载(1020—1078) notions of *qi* and *taixu* 太虚.[10]

History of Scientific Organizations

An appeal by the Chinese Scientific and Technical Association resulted last year in a high tide of research in this area. Xia Xiangrong & Wang Genyuan have compiled a *History of the Geological Society of China* (1922—1981). *Dizhi lunping*, from no. 2 to no. 6, includes a series of articles surveying the development and state of each geological specialty in China written by the corresponding commission of the Society, such as "Sixty years of geological work in China on the Pre-Cambrian: retrospect and prospect" and "Principal accomplishments and prospects of geological work in China on nonmetallic mine sites"; for an overview see the essay of Huang Jiqing. To commemorate its sixtieth anniversary, the Chinese Astronomical Society has published a splendid volume that includes a history and chronology of the Society, brief histories of the specialties, and recollections of members. The physics journal *Wuli* and the chemistry journal *Huaxue tongbao* both devoted their eighth issue of the year to special collections of essays on the sponsoring societies' history and on the careers of outstanding early members, with special articles on Wu Youxun 吴有训 (1897—1977), Ye Qisun 叶企孙(1898—1977), Sa Bendong 萨本栋(1902—1949), Rao Yutai 饶毓泰 (1891—1968), Wu Chengluo 吴承洛(1892—), Hou Debang 侯德榜 (1890—1974), Wang Jin 王琎(1888—1966), Chen Yuguang 陈裕光(1893—1955), Zhang Hongyuan 张洪元(1902—), and Fan Xudong 范旭东(1883—1945). Qian Linzhao has contributed an account of the first fifty years of the Chinese Physical Society.

Zhongguo keji shiliao, a journal that specializes in articles on the history of science in the last century, in 1982 provided historical introductions to the Chinese Mechanical Engineering Society (no. 1), the Mohai shuguan 墨海书馆 (the science publishing affiliate of the London Missionary Society at Shanghai), the Chinese Natural Science Society, the China Association of Scientific Workers, the Chinese Microbiology Society, the Chinese Geographical Society (no. 2), the Chinese Chemical Society, as well as the China Chemical Engineering Society, the China Light Industry Society (no. 3), the China Textile and Engineering Society, and the China Plant Physiology Society (no. 4).

Other pertinent articles include Lin Chao, "Zhang Xiangwen 张相文(1866—1933) and the Chinese Society for the Earth Sciences in the embryonic period of modern geography in China", Liu Wenlu, "History of the Institute for National Medicine 中央国医馆", and Lin Wenzhao's

---

[10] The Cartesian Philosophy before Descartes. *Journal of the Peking Oriental Society*, 1888(2) 121 - 137, reprinted in Martin, *Hanlin Papers* (2d series; Shanghai, 1894), 207 - 234.

lengthy study of "The establishment of the Science Society of China and its role in the development of modern science in China", which supports the proposition that science is vital to the survival of China. The Shanghai periodical *Nature* in 1982 published Liu Dagang & Liu Hui on "Fifty years of the Chinese Chemical Society", and Zeng Wuzhu & Fang Wenhai on "Sixty years of the Chinese Astronomical Society", and several other papers on the history of modern science in China.

Conclusion

Finally it is appropriate to mention a couple of related matters. One is the exhibition entitled "China: Seven Thousand Years of Discovery", organized under the auspices of the Chinese Scientific and Technical Association. It opened on 30 April 1982 in the Ontario Science Center, Toronto, Canada, for six months, and is being shown 1 June – 2 October 1983 at the Museum of Science and Industry, Chicago. It received an exceptional welcome in North America. The more than five hundred exhibits, many of them involving demonstrators from China or operation by viewers, illustrate papermaking, printing, gunpowder, the compass, astronomy, architecture, ceramics, weaving and embroidery, medicine and pharmacy, bronze casting, machine construction, and traditional handicrafts. Two books compiled to accompany the exhibition provide the most comprehensive collection so far available of high-quality color photographs pertaining to Chinese science and technology. [11] Another related matter is the First International Conference on the History of Chinese Science, held 16—20 August 1982 at the Katholieke Universiteit, Leuven, Belglum.

References

KJ Kexueshi Jikan 科学史集刊
KT Kexue Tongbao 科学通报
NK Nongye Kaogu 农业考古
NY Nongshi Yanjiu 农史研究
SZX Shaanxi Zhongyi Xueyuan Xuebao 陕西中医学院学报
ZB Ziran Bianzhengfa Tongxun 自然辩证法通讯
ZI Zhonghua Yishi Zazhi 中华医史杂志
ZK Ziran Kexueshi Yanjiu 自然科学史研究
ZN Zhongguo Nongshi 中国农史
ZS Zhongguo Keji Shiliao 中国科技史料

---

[11] China Science and Technology Palace Preparatory Committee & Ontario Science Centre(ed.), *China. 7000 Years of Discovery* (Toronto, 1982); China Science and Technology Museum & *Science Reconstructs* (ed.), *China: 7000 Years of Discovery. China's Ancient Technology* (San Francisco, 1983). The 1983 publication contains fewer and larger illustrations, and corrects some of the obsolete information in the 1982 book. Neither is a reliable summary of current understanding, but their illustrations are most valuable.

Cao Wanru 曹婉如
中国古代地理学史的几个问题
Some Problems in the History of Chinese Geography. ZK. 1982, 1(3): 242-250
Chen Jiujin 陈久金
论《夏小正》是十月太阳历
On the "Lesser Annuary of the Xia Dynasty" as a Ten-month Solar Calendar. ZK. 1982, 1(4): 305-319
Chen Meidong 陈美东; Dai Nianzu 戴念祖
中朝越日历史上太阳黑子年表
A Chronological Table of Sunspots in Chinese, Korean, Vietnamese, and Japanese History. ZK. 1982, 1(3): 227-236
Chen Wenhua 陈文华
漫谈出土文物中的古代农作物
Ancient Crops as Seen in Excavated Artifacts. NY. 1982(2):78-82
Chen Wenhua 陈文华; Zhang Zhongkuan 张忠宽
中国农业考古资料索引
Subject Index of Materials Pertaining to Agricultural Archeology. NY. 1982(2):159-168
Chen Wuquan 陈武全
试论桎梏我国科学技术发展的文化传统
The Cultural Tradition that Shackled the Development of Chinese Science and Technology. *Xinjiang Caijing Xueyuan Xuebao* 新疆财经学院学报, 1982(1): 18-22
Chen Xianfu 陈先赋
四川大足宝顶石窟"仲景腹诊图"辨误
A Correction Regarding the So-called "Sculpture Showing Zhang Zhongjing Performing Diagnosis by Abdominal Palpation" at the Baoding Grottoes in Dazu, Sichuan. ZI. 1982, 12(3): 187-190
Chen Zungui 陈遵妫
Zhongguo Tianwenxueshi 中国天文学史
History of Chinese Astronomy. Vol. 2. Shanghai: 1982.
Chu Dewei 初德维
曹操赤壁兵败与血吸虫病无关
Schistosomiasis Was Irrelevant to Cao Cao's Defeat at the Battle of Red Cliff [A.D. 208]. ZI. 1982, 12 (2): 116
Ding Youji 丁有济 *et al.*
古代太阳活动各种周期峰年
Ancient Solar Activity Maximum Epochs of Various Cycles. *Tianwen Xuebao* 天文学报. 1982, 23(3): 287-297
Du Shengyun 杜升云
苏州石刻天文图恒星位置的研究
A Study of the Locations of Fixed Stars on the Suzhou Planisphere Inscription. *Beijing Shifan Daxue Xuebao* (*Ziran Kexue Ban*) 北京师范大学学报(自然科学版). 1982(2): 81-93
Du Shiran 杜石然 *et al.*
Zhongguo Kexue Jishu Shi Gao 中国科学技术史稿
Draft History of Chinese Science and Technology. 2 vols. Beijing: 1982.
Feng Hanyong 冯汉庸
契丹族医学史

History of the Medicine of the Khitan People. ZI. 1982, 12(3): 180－183

Feng Xianming 冯先铭 *et al*.

Zhongguo Taoci Shi 中国陶瓷史

History of Chinese Ceramics. Beijing: 1982.

Fu Fangzhen 付方珍

Yi Zong Jinjian "Fuke Xinfa Yaojue" 医宗金鉴"妇科心法要诀"

Gynecological Chapters of the *Golden Mirror of the Medical Tradition*. Changsha: 1982.

Gou Cuihua 苟萃华; Xu Kangsheng 许抗生

也谈我国古代的生物分类学思想

More on Thought Regarding Biological Taxonomy in Ancient China. ZK. 1982, 1(2): 167－175

Hong Wuli 洪武娌

敦煌石窟《藏医杂疗方》的医史价值

Value for Medical History of the *Miscellaneous Tibetan Prescriptions* Found in a Dunhuang Grotto. ZI. 1982, 12(4): 251－253

Hu Naichang 胡乃长

魏晋南北朝医学思想简论

A Brief Discussion of Medical Thought in the Period of Disunion [A.D. 220－589]. ZI. 1982, 12(4): 200－203

Hua Jueming 华觉明; Jia Yunfu 贾云福

先秦编钟设计制作的探讨

Explorations in the Design and Manufacture of Ancient Chinese Bells. ZK. 1983, 2(1): 72－82, 2 pl. English translation in the next item.

A Research on the Chinese Ancient Chime Bells. Its History, Casting Process, Design and Calculation *Historia Scientiarum* (Tokyo), 1982 (23): 63－79

Huang Jiqing 黄汲清

辛亥革命前地质科学的中国先驱

Chinese Pioneers of Geological Science Before the Revolution of 1911. ZS. 1982(1): 2－13; also in *Dizhi Lunping* 地质论评, 1982, *28*(6): 603－610

略论六十年来中国地质科学的主要成就及今后努力方向

A Brief Account of the Main Achievements in Geological Science over the Last Sixty Years and the Tasks Ahead. *Dizhi Lunping*, *idem*., 515－527

Ji Shilai 季始来

对《曹操兵败赤壁与血吸虫病关系之探讨》一文的商榷

A Rejoinder to "The Role of Schistosomiasis in Cao Cao's Defeat in the Battle of Red Cliff". ZI. 1982. 12(2): 124－125

Jia Wenlin 贾文林

从我国新石器时代遗址的分布看当时农用地开发的趋势

Trends in the Exploitation of Agricultural Land as Seen in the Distribution of Chinese Neolithic Sites. NY. 1982(2): 54－63

Jiang Yian 姜义安

古农学家石声汉先生事略

Biography of Shi Shenghan, Professor of Plant Physiology and Expert on Ancient Chinese Agricultural Classics. *Xibei Nongxue Yuan Xuebao* 西北农学院学报, 1982(2): 33－36

Jin Guantao 金观涛 *et al*.

历史上的科学技术结构——试论 17 世纪之后中国科学技术落后于西方的原因

The Historical Structure of Science and Technology. Reasons for the Backwardness of Science and Technology in China Compared with the West since the Seventeenth Century. ZB. 1982(5): 7-23. See also Zhongguo Kexue Yuan 1983.

Li Erong 李鄂荣

庐山第四纪冰川论争 50 年

Fifty Years of Contention Regarding the Quaternary Glacier of Lushan. KJ. 1982(10): 1-15

Li Fan 李璠

中国主要栽培植物的起源和演变

Origin and Variation of Important Chinese Cultivated Plants. *Shijie Nongye* 世界农业, 1982(2): 40-43; (4): 54-56;(6): 53-56

Li Genpan 李根蟠; Lu Xun 卢勋

苦聪人早期原始农业的生产和生活

The Early Primitive Agricultural Production and Lives of the Kucong People. ZN. 1982(1): 69-75

Li Guohao 李国豪 *et al*. (ed.)

Explorations in the History of Science and Technology in China. Shanghai: 1982.

Li Yongming 李永明; Wang Xiaoming 王小明

中西医发展规律初探

A Preliminary Investigation into the Laws of Development of Chinese and Western Medicine. *Yixue yu Zhexue* 医学与哲学, 1982(10): 1-4

Li Yousong 李友松

曹操兵败赤壁与血吸虫病关系之探讨

The Role of Schistosomiasis in Cao Cao's Defeat in the Battle of Red Cliff. ZI. 1981, 11(2): 87. See also items by Chu Dewei, Ji Shilai, and Tian Shuren.

Li Zhongjun 李仲均

我国古代关于"海陆变迁"地质思想资料考辨

A Textual Study of Materials on Geological Thought Regarding the Transformation of Ocean into Dry Land. KJ. 1982(10): 16-21

Lin Chao 林超

中国现代地理学萌芽时期的张相文和中国地理学会

Zhang Xiangwen [1866—1933] and the Chinese Geographical Society in the Embryonic Period of Modern Geography in China. ZK. 1982, 1(2): 150-159

Lin Qiaoyuan 林乔源 *et al*.

中国漆的核磁共振研究

Research on Chinese Lacquer Using Nuclear Magnetic Resonance. KT. 1982, 27(6): 344-346

Lin Wenzhao 林文照

中国科学社的建立及其对我国现代科学发展的作用

The Establishment of the Science Society of China and Its Role in the Development of Modern Science in China. *Jindaishi Yanjiu* 近代史研究. 1982(3): 216-236

Liu Bingcheng 刘秉诚

《天工开物》中的"无名异"和"回青"试释

A Preliminary Elucidation of *Wumingyi* ("Indefinable Strange Matter") and *Huiqing* (Mohammedan Blue) in *Tiangong Kaiwu*. ZK. 1982, 1(4): 300-304

Liu Changlin 刘长林

Neijing de Zhexue he Zhongyixue de Fangfa 《内经》的哲学和中医学的方法

Philosophy of the *Yellow Sovereign's Inner Canon* and the Methods of Traditional Chinese Medicine. Beijing. 1982.

Liu Changzhi 刘昌芝

我国现存最早的水产动物志——《闽中海错疏》

China's Earliest Extant Marine Fauna, *Subcommentary on the Sea Delicacies of Fukien* (1596). ZK. 1982, 1.(4): 333 - 338

Liu Dagang 柳大纲; Liu Hui 刘惠

中国化学会五十年

Fifty Years of the Chinese Chemical Society. *Ziran Zazhi* 自然杂志. 1982, 5(8): 597 - 599

Liu Dun 刘钝

郭守敬的《授时历草》和天球投影二视图

Guo Shoujing's "Draft of the Season-Granting Astronomical Treatise" and Its Two Projections of the Celestial Sphere. ZK. 1982, 1(4): 327 - 332

Liu Guangding 刘广定

从北宋人提炼性激素说谈科学对科技史研究的重要性

A Discussion of the Importance of Science in Studies of the History of Science, Based on Claims That Sex Hormones Were Isolated in the Northern Sung Period. *Guoli Taiwan Daxue Wen Shi Zhe Xuebao* 国立台湾大学文史哲学报. 1981(30): 363 - 376. Reprinted in *Zhongguo Kejishi Yanjiang Jilu Xuanji* 中国科技史演讲记录选辑 (Selected Lecture Notes on the History of Chinese Science), II(Taibei, 1983), 119 - 132. This article supersedes three others published by Liu in *Kexue Yuekan* 科学月刊.

Liu Jinyi 刘金沂

历史时期的行星亮度变化

Changes in the Brightness of Planets in the Historical Period. *Baike Zhishi* 百科知识. 1982(6): 59

Liu Wenlu 刘文菉

中央国医馆始末

History of the Institute for National Medicine. ZI. 1982, 12(4): 225 - 228

Liu Wenying 刘文英

从《创世纪》看纳西族的原始宇宙观念

Primitive Cosmological Conceptions of the Naxi People as Seen in the *Chuang Shiji*. *Zhexue Yanjiu* 哲学研究. 1982(11): 66 - 71

Ma Boying 马伯英

试论祖国医学基础理论奠定时期的认识论与方法论特征

On the Epistemological and Methodological Characteristics of Fundamental Theories of Our Country's Medicine in its Formative Period. ZI. 1982, 12(4): 196 - 199

Martin, W. A. P. 丁韪良 (tr. Cheng Yishan 程宜山)

笛卡儿的"以太"、"旋涡"说与张载的太虚即气说

The Cartesian Philosophy before Descartes. *Shaanxi Shifan Daxue Xuebao* (*Zhexue Shehui Kexue Ban*) 陕西师范大学学报(哲学社会科学版). 1982(4): 93 - 96

Mei Rongzhao 梅荣照

刘徽的数学理论

Liu Hui's Theory of Mathematics. ZB. 1982(6): 46 - 52

Meng Naichang 孟乃昌

秋石试议

A Tentative Discussion of "Autumn Mineral". ZK. 1982, 1(4): 289 - 299

Needham, Joseph (tr. Zhu Xihao 朱熹豪译)
中国科学传统的贫困与成就
Poverties and Triumphs of the Chinese Scientific Tradition. *Kexue yu Zhexue* 科学与哲学 1982(1): 6-43
Nie Guang 聂广; Du Han 杜汉
要重视中医发展规律性研究
Emphasize Research on the Regularities of the Development of Chinese Medicine. ZI. 1982, 12(2): 128
Pan Yuntang 潘云唐
葛普利——中国地质科学工作者的良师益友
A. W. Grabau, a Good Teacher and Helpful Friend of Chinese Geologists. ZS. 1982(3): 22-30
Pang Bingzhang 庞秉璋
我国古代关于朱鹮的某些史料与考释
Ancient Chinese Historical Materials and Exegetical Writings Pertaining to the Crested Ibis. *Dongwuxue Zazhi* 动物学杂志. 1982(5): 60-61
Qan Linzhao 钱临照
中国物理学会五十年
Fifty Years of the Chinese Physical Society. *Wuli* 物理. 1982, 11(8): 449-454
Qian Zhengying 钱正英
纪念我国著名水利科学家李仪祉先生诞辰 100 周年
The Centenary of the Birth of Mr. Li Yizhi, the Outstanding Chinese Hydraulic Engineer. ZS. 1982(4): 1-3
Qinghua Daxue Tushuguan 清华大学图书馆(Qinghua University Library)
Zhongguo Kejishi Ziliao Xuanbian 中国科技史资料选编
Selection of Sources for the History of Chinese Science and Technology. Beijing: 1982.
Ren Chunrong 任春荣
孙思邈在医学流派发展上的贡献
The Contribution of Sun Simiao to the Development of Schools of Thought in Medicine. SZX. 1982(3): 7-10
Ren Yingqiu 任应秋; Liu Changlin 刘长林(ed.)
Neijing Yanjiu Luncong 《内经》研究论丛
Collected Studies of the *Inner Canon of the Yellow Sovereign*. Shijiazhuang: 1982.
Rong Rong 容镕
中国生物学、农学对达尔文的影响
The Influence of Chinese Biology and Agronomy on Darwin. ZS. 1982(1): 26-31
Shen Kangshen 沈康身
更相减损术源流
Origin and Development of Methods for Reducing Fractions. ZK. 1982, 1(3): 193-207
Shi Nianhai 史念海
论历史时期黄土高原生态平衡的失调及其影响
Ecological Imbalances in the Loess Plateau During the Historical Period and Their Consequences. *Shengtaixue Zazhi* 生态学杂志. 1982(3): 19-23
Shi Yi 施毅; Chen Shaoqiang 陈少强
中医心理咨询思想初探
A Preliminary Study of Ideas about Psychological Counseling in Traditional Medicine. *Zhongyiyao Xuebao* 中医药学报. 1982(3): 4-7
Shu Jingnan 束景南
杨泉哲学思想与天文思想新探

A Preliminary Study of Yang Quan's [fl. c. A.D. 265] Philosophical and Astronomical Thought. *Xueshu Yuekan* 学术月刊. 1982(10): 70-75

Sivin, N.

Why the Scientific Revolution Did Not Take Place in China—Or Didn't It? *Chinese Science*. 1982(5): 45-66

Song Zhaolin 宋兆麟

从彝族对野蜂的利用看人类由食蜂到养蜂的发展

Humanity's Development from Bee-eating to Beekeeping as Seen from the Yi People's Utilization of Wild Bees. ZN. 1982(1): 76-79

Sun Fuquan 孙溥泉

《周易》对孙思邈《千金方》学术思想的影响

The Influence of the *Book of Changes* on Sun Simiao's Scholarship and Thought in *Prescriptions Worth a Thousand*. SZX. 1982(3): 4-6

Sun Jiande 孙建德

维吾尔医学与丝绸之路

Uigur Medicine and the Silk Road. ZI. 1982, 12(3): 184-186

Tai Bao 太保

酸马奶考源

On the Origin of Kumiss. ZI. 1982, 12(1): 62-64

Tang Xiren 唐锡仁

图理琛与《异域录》

Tulichen and His *Record of Exotic Territories*. KJ. 1982(10): 87-92

Tang Xiren 唐锡仁; Zheng Xihuang 郑锡煌

中国地理学史研究三十年

Thirty Years of Research in the History of Geography in China, 1949-1979. ZK. 1982, 1(1): 55-62

Tian Shuren 田树仁

也谈曹操兵败赤壁与血吸虫病之关系

More on "The Role of Schistosomiasis in Cao Cao's Defeat in the Battle of Red Cliff". ZI. 1982, 12(2): 126-128

Wang Jinguang 王锦光; Hong Zhenhuan 洪震寰

我国古代对虹的色散的研究

Ancient Chinese Studies of Chromatic Dispersion by the Rainbow. ZK. 1982, 1(3): 215-219

Wang Kuike 王奎克 *et al*.

砷的历史在中国

The History of Arsenic in China. ZK. 1982, 1(2): 115-126

Wang Xunling 王勋陵

试论我国天、地、人的统一思想

Chinese Thought on the Unity of Heaven, Earth, and Man. *Shengtaixue Zazhi*, 1982(4): 38-41

Wang Yao 王尧 *et al*.

敦煌本藏医学残卷介绍(上)

An Introduction to the Fragmentary Scroll on Tibetan Medicine Found in a Dunhuang Grotto [I]. ZI. 1982, 12(4): 247-250

Wang Zichun 汪子春; Zhang Binglun 张秉伦

达尔文学说在中国的传播和影响

The Dissemination and Influence of Darwin's Theories in China. Unpublished Conference Report. Beijing:

1982-04-19

Wang Zutao 王祖陶

中国古代关于物质和运动守恒科学思想的发展

The Evolution of Scientific Thought on the Conservation of Matter and Motion in Ancient China. ZK. 1982, 1 (2):97-103

Weng Wenbo 翁文波

地质学家翁文灏

Weng Wenhao, the Geologist. ZS. 1982(4): 24-29

Wu Deduo 吴德铎

徐光启与培根

Xu Guangqi and Bacon. *Fudan Xuebao* (*Shehui Kexue Ban*)复旦学报(社会科学版). 1982(2): 109-110

Xi Zezong 席泽宗

台湾省的我国科技史研究

Research on the History of Chinese Science in Taiwan. ZS. 1982(1): 98-101

中国科学思想史的线索

Clues to the History of Chinese Scientific Thought. ZS. 1982(2): 6-14

Xia Nai 夏鼐; Yin Weizhang 殷玮璋

湖北铜绿山古铜矿

Ancient Copper Mines and Smelting Furnaces at Tonglüshan in Hubei. *Kaogu Xuebao* 考古学报. 1982(1):1-14

Xia Xiangrong 夏湘蓉; Wang Genyuan 王根元

Zhongguo Dizhi Xuehui Shi 中国地质学会史(1922—1981)

History of the Geological Society of China [1922—1981]. Beijing: 1982.

Xu Zhaokui 徐兆奎

清末地理学家王锡祺

Wang Xiqi, Geographer of the Late Qing Dynasty. KJ. 1982(10): 82-86

Yang Shiting 杨式挺

从考古发现试探我国栽培稻的起源演变及其传播

A Preliminary Study of the Origin, Evolution, and Dissemination of Rice Cultivation in China as Seen in Archeological Discoveries. NY. 1982(2):64-77

Yao Dechang 姚德昌

从中国古代科学史料看观赏牡丹的起源和变异

Origin and Modification of the Peony as Seen in the Sources of Ancient Chinese Science. ZK. 1982, 1(3): 261-266

Ye Xiaoqing 叶晓青

中国近代科技引进的若干不利因素

Several Factors Adverse to the Introduction of Modern Science into China. *Keyan Guanli* 科研管理. 1982(4): 69-72

西方近代科技的引进及其影响

The Introduction and Influence of Modern Western Science and Technology in China. *Lishi Yanjiu* 历史研究. 1982(1): 3-17

You Yuzhu 尤玉柱

峙峪遗址刻划符号初探

Preliminary Investigation of the Incised Symbols from the Zhiyu Site. KT. 1982, 27(16): 1008-1010

Zeng Wuzhu 曾骛珠; Fang Wenhai 方文海

中国天文学会六十年

Sixty Years of the Chinese Astronomical Society. *Ziran Zazhi*. 1982, 5(12):931 – 933

Zha Youliang 查有良

中国古代历法中的科学方法论

Discussions of Scientific Method in Ancient Chinese Mathematical Astronomy.

Ziran Bianzhengfa Xueshu Yanjiu 自然辩证法学术研究. 1982(1): 47 – 58

Zhang Hanying 张含英

Lidai Zhi He Fanglue Tantao 历代治河方略探讨

Exploration of Approaches to Yellow River Water Control Through History. Beijing:1982.

Zhang Ruikun 张瑞琨;Zhu Xinxuan 朱新轩

宋应星的《论气》及其在声学上的成就

Song Yingxing's *On Qi* and Its Contribution to Acoustics. *Huadong Shifan Daxue Xuebao* (*Ziran Kexue Ban*) 华东师范大学学报(自然科学版). 1982(2): 113 – 115

Zhang Shanchen 张善忱; Zhang Dengbu 张登部(ed.)

Zhenjiu Jiayi Jing Shuxue Chongji 针灸甲乙经腧穴重辑

Reconstruction of Acupuncture loci in *The ABC of Acupuncture* [A. D. 282]. Jinan:1982.

Zhang Shouqi 张寿祺

柳宗元与农业科学技术

Liu Zongyuan and Tang Dynasty Agricultural Science and Technology. NY. 1982(2): 119 – 129

Zhang Sun 章巽

Gu Hanghai Tu Kaoshi 古航海图考释

Studies of Ancient Navigational Maps. Beijing:1982.

Zhang Yangcai 张养才

历史时期气候变迁与我国稻作区演变的关系

The Relation Between Climatic Changes in Historical Times and the Evolution of Chinese Rice-growing Regions. KT. 1982,27(4): 237 – 241

Zhang Yunming 张运明

黑火药是用天然硫磺配制的吗?

Was Traditional Chinese Gunpowder Made from Native Sulfur? ZS. 1982(1):32 – 38

Zheng Hongxin 郑洪新

中医气学理论的哲学思想探讨

An Exploration of Philosophical Thought Concerning the Theory of *Qi* in Traditional Chinese Medicine. *Yixue yu Zhexue* 医学与哲学. 1982(6): 17 – 20

Zheng Tong 郑同; Yuan Shuyu 袁书玉

单质砷炼制史的实验研究

Experimental Researches in the History of Elemental Arsenic Refining. ZK. 1982,1(2): 127 – 130

Zheng Xihuang 郑锡煌

丁文江对中国地质学的贡献

Ding Wenjiang's Contribution to Chinese Geology. ZS. 1982(4): 30 – 35

Zhongguo Kexue Yuan *Ziran Bianzhengfa Tongxun* Zazhishe 中国科学院《自然辩证法通讯》杂志社(ed.)

Kexue Chuantong yu Wenhua. Zhongguo Jindai Kexue Luohou de Yuanyin 科学传统与文化——中国近代科学落后的原因

Scientific Traditions and Culture—The Reasons for the Backwardness of Recent Chinese Science. Xi'an:1983. English contents and abstracts, p. 458 – 484

A Collection of Papers Presented at a 1982 Conference.
Zhongguo Tianwen Xuehui 中国天文学会(ed.)
Zhongguo Tianwenxue zai Qianjin 中国天文学在前进
Chinese Astronomy on the March. Shanghai:1983.
Zhou Guorong 周国荣
Zhongguo Zuantan Fazhan Jianshi 中国钻探发展简史
A Concise History of Exploratory Drilling in China. Beijing:1982.
Zhou Mingzhen 周明镇
杨钟健教授的生平与学术成就
The Life and Academic Achievements of Professor Yang Zhongjian. ZS.1982(4): 36-38
Zhuang Tianshan 庄天山
奇异的天空现象——日夜出
A Curious Phenomenon, "the Sun Out at Night". *Ziran Zazhi*.1982, 5(7): 549
Zhuang Weifeng 庄威风
中国天文学史研究近貌
Recent Studies in the History of Chinese Astronomy. *Ziran Kexue Nianjian* 自然科学年鉴.1982(1): 51-58

(The author wishes to express his thanks to Fan Chuyu 范楚玉 and Ding Wei 丁蔚 for their assistance, to the Editor of *Chinese Science* [Professor Nathan Sivin] for the English translation, and to Virginia Dalton and David Cowhig for editorial help.)

〔This paper was published in *Chinese Science* (Philadelphia),No.6,1983〕

The Application of Historic Astronomical Records to Astrophysical Problems

I . Stellar Evolution

V. F. Weisskopf, a former president of the American Council of Atomic Energy, has said that in the history of mankind there are two 4th of Julys which should be recorded in the annals. One is in 1776 when the United States of America was founded, another is in 1054 when Chinese and Japanese astronomers recorded the supernova explosion in Taurus.[1] In 1921 the Swedish astronomer K. Lundmark first noted that the position of a supernova recorded in 1054 was very close to that of the Crab Nebula, and suspected that the two were related.[2] Soon after that, calculations for the expansion speed of the Crab Nebula by E. Hubble showed that the explosion had taken place 900 years before, consistent with the year of the recording of the supernova explosion in 1054.[3] In 1942, J. H. Oort and J. J. Duyvendark confirmed that the Crab Nebula was a remnant of the explosion in 1054 and that the explosion was that of a supernova rather than of a nova.[4-6]

The identification of the 1054 supernova with the Crab Nebula is an important piece of evidence for the value of historical records to astrophysics and the Crab Nebula is considered the Rosetta stone of astrophysics. Most of what we know about the origin of cosmic rays, synchrotron radiation and heavy elements derives from our knowledge of the Crab Nebula, and much of what we can deduce from observations of the Crab Nebula is aided by the records of the supernova explosion in 1054. In addition to this, historical records of galactic supernovae can give information on the frequency of such outbursts and on the development of their remnants. For example, from Sedov's equation.[7]

$$D=4.3\times10^{-11}(E_0/n)^{1/5}t^{2/5} \quad (1)$$

where D (pc) is the diameter of the shock wave preceding the expanding shell of swept-up interstellar material, t (yr) is the time elapsed since the explosion, E_0(erg) is the energy released in the outburst, and n (cm^{-3}) is the number density of hydrogen atoms in the interstellar medium. If D is known from observation and t from historical records, we can obtain E_0/n. In 1976 Clark and Caswell concluded that the best estimate was $E_0/n \approx 5\times10^{51}$ erg cm^3.[8]

Most early recorded observations of supernovae were made in China, Japan and Korea. In ancient and medieval Europe and the Arab lands there seems to have been little interest in such

phenomena. In *The Historical Supernovae* written by D. H. Clark and F. R. Stephenson in 1977, seven supernovae are listed (see Table 1).

Table 1 Supernovae in Recorded History

	Year	Constellation	Magnitude	Duration	Records
1	+185	Centaurus	−8	20 months	C
2	393	Scorpius	−1	8 months	C
3	1006	Lupus	−9.5	several years	A,C,J,E
4	1054	Taurus	−5	22 months	C,J
5	1181	Cassiopeia	0	6 months	C,J
6	1572	Cassiopeia	−4	18 months	C,K,E
7	1604	Ophiuchus	−2.5	12 months	C,K,E

C:Chinese, A:Arabic, J:Japanese, E:European, K:Korean.

Among them the supernova of 1006 is the only one known to have been recorded in both European and Arabian literature before the Renaissance. It was also carefully observed by astronomers in China and Japan. It was the most brilliant supernova ever recorded and was observed for several years. There are various opinions about which object represents its remnants: NGC 5882, [9] PKS 1459−42,[10] G 327. 6 + 14. 5 [11] or PKS 1527−42. [12] Startlingly, re-explosion of the supernova probably took place on May 16, 1016 according to Chinese records. [13] If this were true, it would support the theory of abnormal neutron stars, put forward by Fang Lizhi 方励之 and Qu Qinyue 曲钦岳. According to the theory, as the remnant of a supernova, a neutron star may, under certain conditions, transfer its phase from normal to abnormal by releasing vast quantities of energy, on the order of 10^{52} ergs (equivalent to a supernova outburst). [14]

In 1955 the author compiled a new catalogue of ancient novae [15] and in 1965 with his colleague Bo Shuren 薄树人 revised and republished it as an appendix to "Zhong Chao Ri Sanguo Gudai de Xinxing he Chaoxinxing Jilu ji Qi zai Shedian Tianwenxue Zhong de Yiyi"《中、朝、日三国古代的新星和超新星纪录及其在射电天文学中的意义》("Nova and Supernova Records of Chinese, Japanese and Korean Annals and Their Significance in Radio Astronomy"). [16] These catalogues have aroused much interest outside of China and have been translated into English and Russian. The availability of these catalogues has made possible an increase in the use of Chinese records for astrophysical research as evidenced by the fact that in the past twenty years more than 1 000 articles have cited them. In 1980 G. G. C. Palumbo, G. K. Miley and P. Schiavo Campo selected seven objects from the latter catalogue, and observed the field $1.5° \times 1.5°$ around each object with the Westerbork radio telescope in Holland in an attempt to discover non-thermal radio sources. In spite of no diffusion radio emission being detected, they suggested that the investigation be continued. [17]

Based on one entry of the event occurred on September 10, 1408 that he found in Xi' s catalogue (1955)[15] and eight additional references to this event found by Zhuang Weifeng 庄威风 *et al*. in the Difang Zhi《地方志》(*Local Chronicles*) and the Ming Shilu《明实录》(*Veritable*

Records of the Ming Dynasty), Li Qibin 李启斌 concluded in 1978 that the event was a supernova explosion which gave rise to the progenitor of Cyg X－1, a prime black hole candidate.[18] In addition to the Chinese sightings, Imaeda and T. Kiang 江涛 pointed out that the"guest star"was also seen in Japan. The first Japanese account is dated July 14, 1408, which precedes the first Chinese record by 58 days. Combining the Chinese and Japanese dates, we can conclude that the event of 1408 was visible for at least 102 days. The long duration indicates that the event was a supernova.[19] However, the position deduced for the supernova of 1408 places it near two astronomical curiosities, Cyg X－1 and CTB 80. There is some confusion over the interpretation of the original Chinese as to whether the location should be to the southeast of or in the southeast of Niandao 辇道 (17 Cyg). The latter interpretation would favor Cyg X－1 and the former, CTB 80.[20] In 1984 Wang Zhenru 汪珍如 and F. D. Seward re-analyzed both the low and high resolution images of CTB 80 from the Einstein satellite. The result supports the view that CTB 80 is the remnant of the supernova explosion in 1408.[21] Including CTB 80, Wang *et al*. have identified eight supernova remnants with ancient guest stars[22,23] (see Table 2).

Table 2 Eight Pairs of Identification between AGS and SNR

	Year	SNR	Records	No. in Xi and Bo's Catalogue
1	－532	G74.9＋1.2(CTB 87)	C	2
2	－134	G322.4－0.4(RCW 103)	C,G	4
3	－48	G21.5－0.9	C	7
4	125	G31.9＋0.0(3C391)	C	13
5	421	G299.0＋1.8(MSH 11－54)	C	30
6	437	2CG195＋4(Geminga)	C	32
7	1408	G68.2＋2.6(CTB 80)	C,J	78(Xi's catalogue)
8	1523	G29.7－0.3(Kes 75)	C	78

C: Chinese, G: Greece, J: Japan.

Cassiopeia A, the strongest radio source in the sky, was considered to be a supernova remnant as early as the 1950s, before any record of it had been found.[24] In 1968 the Korean scholar Chu Sun-Ⅱ suggested that it was a remnant of the supernova recorded as being observable to the west of the first star of Wang Liang 王良 (Located on the west side of β Cas) from December 6, 1592 to March 5, 1593 in the Korean books the *Lee-Jo Si-Lok*《李朝实录》(*Chronicles of the Lee Dynasty*) and the *Chung-Bo Mun-Hun Bi-Go*《增补文献备考》(*Supplemental Examination of Literature*) for their positions seem to be very close.[25] But S. F. Gull pointed out that the preferred age of the remnant is much less than this.[26] Based on study of the proper motion of the filamentary structure in this optical remnant, Sidney Van den Bergh and W. W. Dodd placed its occurrence in the year 1667 ± 8.[27] In 1980 a new discovery made by W. B. Ashworth revealed that the first British Astronomer Royal, John Flamsteed, had recorded the event after all, fixing the actual year of the supernova explosion as 1680.[28] K. Brecher immediately wrote a paper on the finding by combining the actual date of the event with the extrapolated date to determine the

mass ejected from the supernova, which turned out to be ten times greater than that of the Sun.[29] However, R. P. Broughton and K. W. Kamper denied Ashworth's discovery quickly and respectively.[30,31] So up to now the identification of Cas A with a supernova remnant has not yet been solved.

Chinese annals record not only the sudden changes in the process of stellar evolution such as supernova explosions, but also the gradual changes. In the astronomical chapter of the *Shiji* 《史记》(*Historical Records*) by Sima Qian 司马迁 about the −1st century, it is said: "Yellow is like Betelgeuse (α Ori)", but Ptolemy included it in the list of red stars in his *Almagest* which was written about +150. Normal stellar evolution, even of a supergiant, from yellow to red in 250 years seems unlikely. However, a shell of gas and dust of about a 30″ radius (about 5000 AU at the 190 pc distance to the star) appears to be moving away from α Ori with a present speed of about 10 km/s. Brecher has explored the possibility that the ejection of the shell occurred about 2700 years ago, temporarily giving rise to a smaller, hotter and whiter photosphere which then readjusted to nearly its original equilibrium state between the times of the writing of the *Shiji* and the *Almagest*.[32,33]

Ⅱ. Solar Activity

Another use for ancient astronomical records in astrophysics in recent years is in discussing the periodicity of solar activity. In 1976 J. A. Eddy again strengthened the plausibility of the Maunder Minimum,[34] in which the sunspot cycle essentially vanished between 1645 and 1715, by a re-analysis of contemporary literature detailing sunspot counts, auroral records, and observations of the Sun at eclipse, plus indirect evidence from ^{14}C in tree rings. Eddy even claimed that there was insufficient evidence to establish whether the 11-year cycle existed before the onset of the Maunder Minimum and after the introduction of the telescope.[35] Eddy's claim caused a sensation. If it were true, solar physics would need rewriting. The only way to solve this problem is to study the historical sunspot records of China, Japan and Korea, because the Orient was free from the stranglehold of the Aristotelian doctrine of celestial perfection, and sunspots were recorded from very early times.

To accept Eddy's challenge, the Yunnan 云南 Astronomical Observatory sorted out more than 100 records of sunspots from Chinese annals and through self-correlation analysis showed that the 11 year cycle has existed for the past 2000 years.[36,37] At the same time, using Chinese historical sunspot records as well as auroral records from −165 to 1884, Zou Yixin 邹仪新 found that the weighted mean cycle of solar activity over the past 2000 years was 10.42 ± 0.19 years and that it was 10.54 ± 0.62 years within the Maunder Minimum. The two cycles coincided.[38]

In 1979 Xu Zhentao 徐振韬 and his wife Jiang Yaotiao 蒋窈窕 published a paper entitled "Cong Zhongguo Difangzhi Zhong Taiyang Heizi Jilu Kan Shiqi Shiji de Taiyang Huodong"《从中国地方志中太阳黑子记录看 17 世纪的太阳活动》("*The Solar Activity of the 17th Century Based on Sunspot Records in the Local Chronicles of China*") in which they listed 21 new naked-eye sunspot records in the 17th century and six of them were within the Maunder Minimum. The

study of Xu and Jiang showed that the 11 year cycle still existed within the Maunder Minimum.[39]

It is necessary to point out that in the paper ("Sunspot Records in China, Korea and Japan") by S. Kanda (1932) there is not one sunspot from 1639 to 1720.[40] Kanda's paper is one of Eddy's bases. Now Xu and Jiang have restored six occurrences of sunspots to the Maunder Minimum, and consequently cause the original basis of Eddy's idea to lose some of its validity. Therefore, their paper attracted much interest. But J. A. Eddy considered that when weighted against more than 600 sunspots reported telescopically between 1645 and 1715, these six new spots, if real, add little that is new. In this sense these new data support rather than refute his opinion, and provide stronger evidence for secular solar variability.[41]

In 1980 Dai Nianzu 戴念祖 and Chen Meidong 陈美东 published "Lishi Shang de Beijiguang yu Taiyang Huodong"《历史上的北极光与太阳活动》("*The Aurora Borealis and Solar Activity in History*") as well as "Zhong Chao Ri Lishi Shang cong Chuanshuo Shidai dao Gongyuan 1747 Nian de Beijiguang Nianbiao "《中朝日历史上从传说时代到公元 1747 年的北极光年表》("*A Chronological Table of the Aurora Borealis in Chinese, Korean and Japanese History from the Legendary Period to* 1747").[42] Using 929 items of aurorae in an all-around way they negated the second basis of Eddy's idea. They considered that from −217 to 1749 there were 180 peak years of solar activity, and that the mean cycle was equal to 11 years. The auroral records also indicated that there were several minima of solar activity in history, and that the Maunder Minimum was one of them, but in these minimum periods the mean cycle was also 11 years. This is consistent with the result of Xu and Jiang.

Tree-ring widths have failed to show convincing evidence of past solar cyclic activity, because local, rather than global effects dominate their patterns.[43] As to C^{14}, it is also impossible to detect the 11-year cycle due to the appreciable delay (10 − 50 years) between variations in C^{14} production and resultant changes in the biospheric abundance, although Eddy has used C^{14} history to recognize six major excursions in solar behavior in the past 2000 years with possibly a total of 12 in the past 5000 years.[44] Thus, to study solar cycles using natural "unwritten" records is unsatisfactory, and the solar cycle as well as its origin still remain an unsolved problem in astrophysics.

Ⅲ. The Gravitational Constant G

The relationship between Ephemeris Time (ET) and Universal Time (UT) is

$$ET = UT + \Delta T \tag{2}$$

where ΔT is determined by observation. If the steady increase in the length of the day is one millisecond (ms) per century, the mean length of the day over the past 20 centuries is 10 ms shorter than that of the present day, and the sum of ΔT is

$$10 \times 10^{-3} \times 365.25 \times 100 \times 20 = 7305^s = 2^h 01^m 45^s.$$

Thus, the difference between the recorded time (UT) of observation of solar eclipses in the first century and the calculated time (ET) according to gravitational theory might be as much as two hours. The earlier a solar eclipse took place, the greater would be the difference in time.

Moreover, the difference in time may also be reflected by the difference between the observed place and the calculated path of the eclipse. For example, in the seventh year of Lü Hou 吕后 (The Queen of Liu Bang 刘邦) Chinese astronomers reported a total eclipse of the Sun at Changan 长安 on a date corresponding to March 4, −181. The calculation of the path of this totality by Stephenson and Clark on the assumption of no de-acceleration of the Earth's spin shows that the track comes out well to the west of Changan. A rotation of the Earth of 75 degrees would be necessary to make the eclipse total at Changan. The inference is that in the intervening time between −181 and the present day, the Earth has lost five hours relative to an ideal clock, i.e., the increase rate of the day length is more than 2 ms /century − 2.[45]

The application of historical records of solar eclipses to studying the de-acceleration of the Earth's rotation can get precisely the same result as current observations do, if the exact date and place of the observation, as well as the magnitude of the eclipse, is described in these records—the greater the magnitude, the better. It would be best if we could obtain historical records of the occurrence of total solar eclipses. In 1980 Wu Shouxian 吴守贤 checked Chinese eclipse records used by four Western astronomers (D. R. Curott, 1966; R. R. Newton, 1970; P. M. Mullar and F. R. Stephenson, 1975). He found out that, apart from repetition of each other, the total number of records they used is 30, one-third of which are incorrect.[46] Consequently, their results should be questionable.

Another new time system, Atomic Time (AT), was proposed in 1967, for the intrinsic accuracy of Ephemeris Time is not easy to achieve. It utilizes the natural resonance frequency of ^{133}Cs to make extremely precise measurements of time intervals, and is not related to gravitational force. If the universal constant of gravitation, G, varies with time as Paul Dirac predicted, there would be a difference between the results of historical solar eclipses reckoned by Ephemeris Time and by Atomic Time.

In 1975 Van Flandern made an interesting observational test based on modern and historical dates. His analysis of lunar occultations over the period 1955 to 1974 gave a result for G:

$$\frac{1}{G}\left|\frac{dG}{dt}\right| = \dot{G}/G = (-8 \pm 5) \times 10^{-11}/\text{year}, \quad (3)$$

i. e., G is on the decrease.[47] But this problem has recently been analyzed again using lunar laser ranging measurements and eclipses data from ancient China. The close agreement between both results is evidence in favor of the constancy of G.[48] However, definite evidence against (or for) the non-constancy of G must await a further study.

In addition to the topics discussed above, there are many others in astrophysics where the historical records may have applications, such as in cometary investigations, planetary orbital perturbation studies, solar-terrestrial relationship research, etc. We believe that combining current technology with information recovered from the records of our ancestors will certainly benefit the study of astrophysics and increase our understanding of the universe. We have collected and arranged all historical records of celestial phenomena in China, and are now preparing to publish them.

References

[1] A talk with Wu Youxun 吴有训 in 1972 at Beijing 北京.

[2] K. Lundmark. *Publication of Astronomical Society of the Pacific*. 1921(33):225

[3] E. Hubble. *Ast. Soc. Pacific Leaflet*. 1928(14).

[4] J. J. Duyvendark and J. H. Oort. *T' oung Pao* 通报(*T' oung Pao Archives*). 1972(36):174

[5] J. J. Duyvendark. *Publication of Astronomical Society of the Pacific*. 1942(54):91

[6] N. U. Mayall and J. H. Oort. ibid. 1942(54):95

[7] L. I. Sedov. *Similarity and Dimensional Methods in Mechanics*. Academic Press, New York, 1959.

[8] D. H. Clark and J. L. Caswell. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. 1976(174):267

[9] B. R. Goldstein and Ho Peng-Yoke 何丙郁. *Astronomical Journal*. 1965(70):748

[10] F. F. Gardner and D. K. Milime. *Astronomical Journal*. 1965(70):754

[11] F. R. Stephenson et al. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. 1977(180):567

[12] Bo Shuren 薄树人 and Wang Jianmin 王健民. *Kejishi Wenji* 科技史文集(*Collected Essays on Science and Technology*). 1978(1):79, a special issue on astronomy.

[13] Wang Jianmin 王健民. *Beijing Tianwentai Taikan* 北京天文台台刊(*Publication of Beijing Astronomical Observatory*). 1979(1):69

[14] Fang Lizhi 方励之 and Qu Qinyue 曲钦岳. *Zhongguo Kexue* 中国科学(Scientia Sinica). 1978(4):406

[15] Xi Zezong 席泽宗. *Tianwen Xuebao* 天文学报(*Acta Astronomica Sinica*). 1955(3):183

[16] Xi Zezong 席泽宗 and Bo Shuren 薄树人. *Tianwen Xuebao* 天文学报(*Acta Astronomica Sinica*). 1965 (13):1

[17] G. G. C. Palumbo et al. *Tianwen Xuebao* 天文学报(*Acta Astronomica Sinica*). 1980(21):334

[18] Li Qibin 李启斌. *Tianwen Xuebao* 天文学报(*Acta Astronomica Sinica*). 1978(19):210

[19] K. Imaeda and T. Kiang 江涛. *Journal for the History of Astronomy*. 1980(11):77

[20] P. E. Angerhofer. *Archaeoastronomy*. 1981(4):22

[21] Wang Zhenru 汪珍如 and F. D. Seward. *Astrophysical Journal*. 1984(285):607

[22] Wang Zhenru 汪珍如 et al. *Highlights of Astronomy*. 7 (to be published). Presented at the Supernova Joint Discussion and Working Group Session in the IAU General Assembly, New Delhi, 1985.

[23] Wang Zhenru 汪珍如. Invited Talks at IAU Symposium no. 125, "Origin and Evolution of Neutron Stars". Nanjing 南京, 1986. 305-318

[24] W. Baade and R. Minkowski. *Astrophysical Journal*. 1954(119):206

[25] Sun-Il Chu. *Journal of the Korean Astronomical Society*. 1968(1):29

[26] S. F. Gull. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. 1973(161):47

[27] Sidney Van den Bergh and W. W. Dodd. *Astrophysical Journal*. 1970(162):485

[28] W. B. Ashworth. *Journal for the History of Astronomy*. 11, Part 1, 1980.

[29] K. Brecher and I. Wasserman. *Astrophysical Journal*. 240, 105. 1980(240):105

[30] R. P. Broughton. *Journal of Royal Astronomical Society of Canada*. 1980(173):381

[31] K. W. Kamper. *Observatory*. 1980(100):3

[32] Bo Shuren 薄树人 and Wang Jianmin 王健民. *Kejishi Wenji* 科技史文集(*Collected Essays on Science and Technology*). 1978(1):75, a special issue on astronomy.

[33] K. Brecher. *Bulletin of American Astronomical Society*. 1980.

[34] W. Maunder. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. 1890(50):251

[35] J. A. Eddy. *Science*. 1976(192):1189; *Proceedings of the Inter. Sym. on Solar-Terr. Phys*. 11. 958 1976(11):958; *Sky and Telescope*. 1976(52):394

[36] Ding Youji 丁有济 and Zhang Zhuwen 张筑文. *Kexue Tongbao* 科学通报(*Science Bulletin*). 1978(23): 107
[37] Luo Baorong 罗葆荣 and Li Weibao 李维葆. *Kexue Tongbao* 科学通报(*Science Bulletin*). 1978(23):262
[38] Zou Yixin 邹仪新. *Beijing Tianwentai Taikan* 北京天文台台刊(*Publications of Beijing Astronomical Observatory*)1978(12):87
[39] Xu Zhentao 徐振韬 and Jiang Yaotiao 蒋窈窕. *Nanjing Daxue Xuebao* 南京大学学报(*Journal of Nanjing University*). 1979(2):31
[40] Kanda Shigeru 神田茂. *Tokyo Temmondai Ho* 东京天文台报(*Publications of Tokyo Astronomical Observatory*). 1932(1).
[41] J. A. Eddy. *Archaeoastronomy*. 1982(4):9
[42] Dai Nianzu 戴念祖 and Chen Meidong 陈美东. *Kejishi Wenji* 科技史文集(*Collected Essays on Science and Technology*). 1980(2):69
[43] La Marche and H. C. Fritts. *Tree Bulletin*. 1972(32):21
[44] J. A. Eddy. *The Solar Output and Its Variation* (Colorado Associated Univ. Press, Boulder, 1977).
[45] F. R. Stephenson and D. H. Clark. *Quarterly Journal of Royal Astronomical Society*. 1977(18):340
[46] Wu Shouxian 吴守贤. *Shaanxi Tianwentai Taikan* 陕西天文台台刊(*Publications of Shaanxi Astronomical Observatory*). 1980(2):23
[47] T. C. Van Flandern. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*. 1975(170):333
[48] F. R. Stephenson. *New Scientist*. 1979(81):560
[49] F. R. Stephenson and D. H. Clark. *Applications of Early Astronomical Records* (Adam Hilger Ltd., Bristol, 1978)

[This paper was presented at Academia Sinica—Max Plank Society workshop on High Energy Astrophysics in Nanjing, 1982, updated and republished in *Science and Technology in Chinese Civilization* ed. by C. Y. Chen, Singapore: World Scientific Publishing Co., 1987]

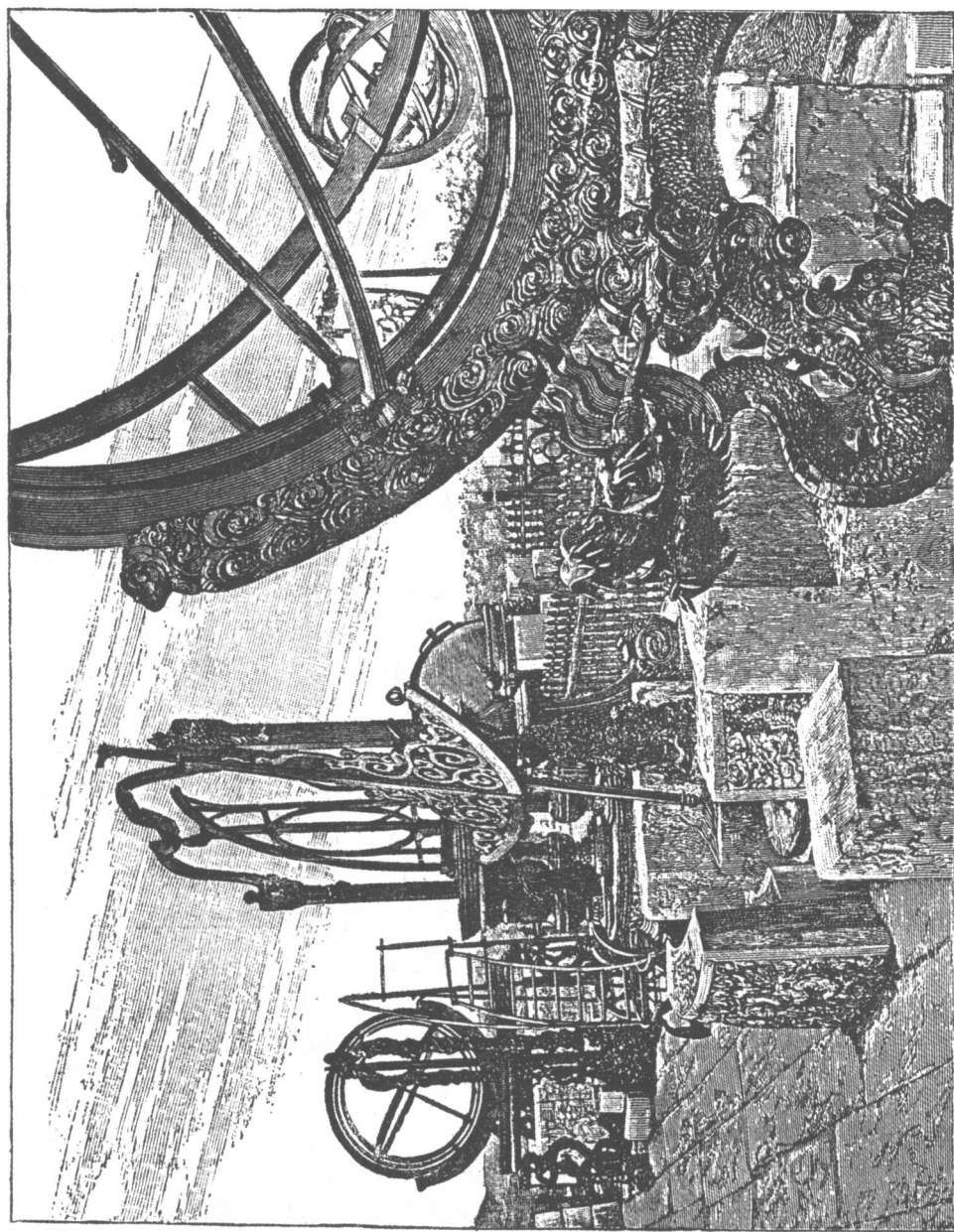
北京古观象台的历史和科学意义

今年4月1日,坐落在北京火车站东建国门立交桥南侧的北京古观象台又重新开放了。前来参观者兴致勃勃,络绎不绝。这座经历了540多年风雨的古代天文台为什么如此引人注目呢?这里有必要介绍一下它的历史和科学地位。

北京有天文设施,开始于金天会五年,即公元1127年,距今已有850多年的历史,但当时所用仪器已不存在,放置仪器的天文台,是否就在现在这个台的附近,目前尚未考察清楚。

建国门附近有天文机构,可上溯到1279年,即元世祖至元十六年。这一年,在著名天文学家王恂(1235—1281)和郭守敬(1231—1316)等的主持下,在今天中国社会科学院所在的地方,建立了当时世界上最大的天文机构——太史院和司天台。太史院占地面积11 300多平方米,主体是一座高17米的司天台(比现在的古观象台高2米)。台分三层,最上一层放置郭守敬设计的当时世界上最先进的简仪和仰仪等,中、下两层环以房屋建筑。中层放置图书、仪器、资料,是研究用房。下层是办公用房。除太史院领导人员和行政机构外,专业人员有70名,分属推算局、测验局和漏刻局。另外,在主台的东南方有一小台,置玲珑仪;在主台的西南方"立高表,表前为堂,表北敷石圭",类似河南登封的观星台;南方有一排房屋为印刷厂,负责印制历书。

明朝开国皇帝朱元璋于洪武元年(1368)定都南京以后,在那里设立司天监,并把北京的天文人员迁到南京。到1384年,又把北京的仪器南迁,于次年在南京观鸣山建立了一个新的天文台,隶属于钦天监,把搬去的仪器安装在这个台上。与此同时,元代的司天台连同建筑,可能也大部分被拆除了。

永乐十九年(1421),明成祖把首都迁到北京。南京的钦天监仍然保留,天文观测继续进行,另在北京设立行在钦天监,暂借元代太史院残余下的房屋办公,并在附近的城墙上进行目视观测。明英宗正统二年(1437)春,依行在钦天监监正皇甫仲和的请求,派人去南京用木料仿制前代仪器,运回北京校验后,于正统四年用铜铸造。正统七年(1442)利用元大都城墙东南角楼旧址修建观星台(至清代又改名为观象台),并在城下建紫微殿等房屋,将铸成的浑仪、简仪、浑象放在台上,将圭表和漏壶放在台下。正统十一年(1446)又增修晷影堂。至此,北京古观象台和附属建筑群,大体上即具备了今天所见的规模和格局,以后主要是仪器设备的变化了。1644年清政权建立之初,接受了德国人汤若望(Johann Adam Schall von Bell,1591—1666,1622年抵华)的建议,改用欧洲天文学的方法计算历书,并采用了现在通行的分圆周为360度和60进位制。这样一来,中国古时分圆周为$365\frac{1}{4}$度的仪器就不适用了,康熙皇帝便于1669年命比利时人南怀仁(Ferdinnd Voibiest,1623—1688,1659年抵华)设计和监造新的仪器。至1674年,南怀仁造成了6架仪器:赤道经纬仪、黄道经纬仪、地平经仪、地平纬仪(亦名象限仪)、纪限仪和天体仪。其中黄道经纬仪和能直接测量两个天体之间角距离的纪限仪,是中国古时所没有的,完全是欧洲式的。遗憾的是,南怀仁把测量地平坐标的仪器分解成了两件,使用起来很不方便。

北京古观象台一角

（1900年12月29日《科学美国人》杂志封面　李元提供）

到了康熙五十四年(1715)法国人纪里安(Kilianus Stumpf)又设计制造了一架地平经纬仪,来补救这个缺陷。纪利安在制造这架仪器时,曾把保留在台下的一些元代仪器充作废铜使用。这一点曾引起当时我国天文学家的义愤。

这7架仪器制成后都放在台上,原来的仪器就移到台下,废而不用了。乾隆皇帝于1744年到观象台上视察,一看所有仪器都是西方的构造、制度,不以为然,便下令按照中国传统的浑仪再造一架新的仪器。这架仪器后来被命名为玑衡抚辰仪,它与中国传统浑仪不同的地方主要是:传统浑仪共分三层,它在最外层(六合仪)取消了地平圈,在第二层(三辰仪)取消了黄道圈;用360度和96刻的时制取代古代的365 $\frac{1}{4}$度和百刻制(即分一昼夜为100刻)。

1900年八国联军侵入北京,德、法两国侵略者曾把这8件仪器连同台下的浑仪、简仪平分,各劫走5件。法国搬走的赤道经纬仪、黄道经纬仪、地平经纬仪、地平纬仪和简仪,只运到法国驻华大使馆,在舆论的压力下,到1902年即归还。德国搬走的地平经仪、纪限仪、天体仪、玑衡抚辰仪和浑仪,则被运到波茨坦离宫展出,直到第一次世界大战后,才根据凡尔赛和约第131条的规定,于1921年运回我国,重新安置在观象台上。

在所有仪器被侵略者抢劫一空以后,为了维持最起码的日常观测工作,这里的工作人员又赶制了两件小型仪器——折半天体仪和小地平经纬仪。所谓折半,意思是大小只有清初仪器的一半。

1911年辛亥革命以后,北洋政府将这里改组为中央观象台,由在比利时布鲁塞尔大学得工学博士学位的高鲁(1877—1947)任台长。中央观象台内分设天文、历算、气象、地磁四科。在天文方面,添购了多能经纬仪、等高仪、小型望远镜等设备,并拟在北京西山建立现代化大型天文台,已勘察台址和进行初步设计,但因经费没有着落,未能成功。1927年,高鲁去南京筹建紫金山天文台,乃于1929年将这里改为天文陈列馆。1931年"九一八"事变发生,日本侵略者进逼北京,我国天文工作者为了保护文物,又把原来放在台下的浑仪、简仪、漏壶(2个)、圭表、小地平纬仪和折半天体仪等7件仪器运往南京。至此,北京古观象台就只剩下现在陈列在台上的8件清代仪器了。运往南京的7件仪器,现在分别陈列在紫金山天文台和南京博物院。

解放以后,古观象台划归北京天文馆管理,从1956年5月1日起接待国内外来宾参观。1959年4月因要筹建中央科技馆,又由中国科协接管。其后几经周折,始终处于关闭状态。1978年4月邓小平同志批示,这里应该重新划归北京天文馆管理,但占用单位迟迟未迁走。1979年8月17日凌晨,大雨滂沱中轰隆一声,台的东侧倒塌。此事震惊中外。9月15观象台终于正式移交北京天文馆。经过3年多的努力,现在修葺一新,重新开放,并经国务院批准,列为国家重点文物保护单位。特别值得介绍的是,修复后的台体与以前有所不同。为了充分利用空间,在保持外形不变的条件下,把台体挖成了三层空心,将第一、二层开辟成展览室,连同台下的建筑群,一并用来展览我国古代的天文成就。

以上是北京古观象台的历史沿革,现在再说说它的科学地位:

第一,不算建在附近的具有当时世界最高水平的元代天文机构,仅从明正统七年二月壬子(1442年4月1日)在这里建观象台开始,到1929年5月26日改为天文陈列馆不再进行观测为止,其间也有487年的历史,是世界上现存的惟一的一个在同一地点保持观测时间最久的天文台。在这近500年中间,中国天文学家们"观察唯勤"(康熙帝题词),在这里夜以继日地工作,给人类积累了丰富的天文观测资料,其中有些对今天的科学研究仍有一定的意义。例如,他们发现1572年出现在仙后座的超新星,即所谓第谷新星,比第谷早三天,而且比他多观测了

一个多月；而关于开普勒新星，即 1604 年出现的蛇夫座的超新星，这里的观测期限也只比欧洲少两天，总共看到的时间是一年。在这两个超新星出现的位置上，现在都发现有光学遗迹和射电源，前者还有一个 X 射线源，它们都是当今天文学家研究的重要对象。

第二，清代天文学家们除了进行日常观测工作以外，还进行了两次规模巨大的恒星位置观测，编成了以 1744 年为历元的《仪象考成》星表，和以 1844 年为历元的《仪象考成续编》星表。前者包括 3 083 颗星的星等、赤道坐标值和黄道坐标值，后者又增加到 3 240 颗星。今天我们仍在沿用的恒星的中文名称主要是依据这两部星表确定的。

第三，辛亥革命以后，中央观象台在这里工作的 18 年中间，做了几件大事：(1) 出版了中国人写的第一部关于相对论的著作，即高鲁的《相对论原理》(1922)。该书共分两卷，上卷为《相对简论》，即狭义相对论；下卷为《相对通论》，即广义相对论。(2)编辑《观象丛报》、《观象汇刊》，系统地介绍了近代天文学知识和气象学知识。(3) 于 1922 年 10 月 30 日正式成立中国天文学会，在这里召开了前四届年会，并派人参加国际天文协会等学术会议，为中国近代天文事业的发展准备了条件。

第四，在现存的天文古迹中，这是能够反映我国古代天文学全貌的惟一的一个地方。洛阳的汉魏灵台只剩下一个土堆，河南登封告成镇的观星台没有仪器保留下来；这里则是建筑完整，仪器成套，既可以看到当时天文学家工作的情况，又可以看出当时的冶金铸造和机械工艺水平，是研究天文学史和工艺史的好地方。

第五，由于清初接受了西方天文学知识，在仪器制造方面也由欧洲人来设计、监制，因此，这些仪器也反映了望远镜发明以前的欧洲古典天文仪器的水平。加以在欧洲，17 世纪以前的仪器保留下来的也已不多，因此，这些清代仪器既是文化交流的见证，也是研究世界天文学史的重要文物。由国际天文协会和国际科学史协会联合主编的四卷本的《天文学史》中，将对这些仪器进行详细记载。

据统计，从 1930 年 7 月 1 日到 1936 年 6 月 30 日来这里参观的人数中，外国人占 70%。那时中国人民处于水深火热之中，故都北京危在旦夕，来看的人很少。今天，解放了的中国人民物质、文化生活水平普遍提高，我们相信，今后来参观的国内外观众都会很多，这里将和故宫博物院、自然博物馆等一样，成为一个引人注目的科学文化中心。

〔原刊《百科知识》，1983 年第 5 期，题为《现存观测时间最久的北京古观象台》〕

从原中央观象台的历史谈增加科研经费的重要性

今年4月1日，位于北京火车站东面，建国门立交桥西南侧的北京古观象台，经过修葺之后，重新开放。这个台建于明正统七年(1442)，在明清两代，是钦天监外署，为皇家天文台。1911年辛亥革命以后，北洋政府将这里接管，改为中央观象台，隶属于教育部。至1929年改为天文陈列馆为止，中央观象台共有18年的历史，当时的台长是高鲁。

高鲁(1877—1947)，字曙青，福建长乐人。在福建马江船政学堂毕业以后，他于1905年到比利时布鲁塞尔大学学习飞机制造，获工科博士学位。1909年孙中山在巴黎组织同盟会，他参与机要，并在留比学生中间组织分会。他准备回国参加黄花岗起义，临时因事未能成行，终身引以为憾。1911年武昌首义后，他随孙中山回国，担任南京临时政府秘书；未几，临时政府迁往北京，教育总长蔡元培聘他为中央观象台台长。他和蔡元培在法国时即为好朋友。

1900年八国联军将北京古观象台的仪器抢走以后，清政府的钦天监摇摇欲坠，业务衰落，这里仅仅进行一项颁布民用历书的工作。高鲁到职以后励精图治，锐意革新，首先是在颁布的民用历法中，取消了过去“皇历”中所有迷信的成分，依照公历，按月排比，每日下面，只载昼夜长短、朔望和节气。其次是建立天文、历数、地磁、气象四科，聘严复的得意门生常福元担任天文、历数两科科长；聘在比利时得农学博士学位的蒋丙然担任气象科科长；聘在日本东京物理学校毕业的王应伟担任地磁科科长。这些人干劲十足，他们从外国人手中夺回了公布全国气象观测资料的权利；他们通告全国，愿意替人换算阳历生日，来者不拒；他们先是出《气象月刊》，然后是出《观象丛报》，在不接受外稿的情况下，由七八个人编译写稿，每月维持一期，系统地介绍近代天文、气象、物理等方面的知识，而且速度快得惊人。例如，用2 919个字阐明了爱因斯坦相对论的英国博尔顿(L. Bolton)的科普文章(获奖5 000美元)，在《科学美国人》1921年2月号上刊出，而杨铨的译文在《科学》3月号上就刊出来了，《观象丛报》4月号上就转载了。他们也很有抱负：准备在柳阴亭观音庵旧址建立地磁台；准备在西山建立现代化的大型天文台，已进行了初步设计，并勘察了台址；准备在全国建立气象观测网；几次准备派人出国观测日食。但是，这些设想都落空了。

这些学者大多是既重视基础、理论研究，又重视实验工作的。高鲁是学飞机制造的，常福元是学轮船驾驶的，他们都抛弃了所学专业而把终身献给了发展中国的天文事业，蒋丙然也是由农业而转为气象。高鲁发明的天璇式中文打字机曾送巴拿马国际博览会展出，并在那里获奖；常福元等四人为了测定中央观象台的经度，日以继夜，煞费苦心。王应伟的《欧几里得几何学方面之四元宇宙观》，高鲁的《超然空间对角线消灭论》等文章，今天读起来也还高深得很，不能说不善于逻辑推理。这些人除高鲁以外，都是兢兢业业搞了一辈子科学。但是，他们并没有能够发展科学。他们所设想的一切都因为没有必要的研究经费而未能实现。

1922年他们费了九牛二虎之力，向一个私人募捐了500元做路费，派一个人到英国剑桥

参加国际天文协会第二届大会，到那里会没有开完，钱就用光了，差一点回不来。在会上既无成绩可以报告，又无力量承担任务，去的人十分尴尬，如坐针毡。他们创建了中国天文学会，因为没有经费，会长高鲁用骈体文写了一篇《募捐启》，要个个评议员（即理事）广为散发，结果是一分钱也未捐到，只有他自己掏腰包。中国天文学会收入最少的一年（即成立后的第七年），全年收入只有37元！俗话说，"巧妇难为无米之炊"，没有钱，再能干的科学家也办不了事。

我通读《观象丛报》（1915年7月至1921年10月，共出了75期）、《观象汇刊》（1923年7月至9月，只出了3期）、《中国天文学会会报》（1924年至1933年，共出了9期）和《宇宙》（1930年至1949年共出了19卷，名义上是月刊，实际上到后来一年出一本还很困难），越读越憋气，觉得中国科学不发达，原因就是一个字："穷"。

要治穷，就得革命，就得变革生产关系，就得制定有利于发展生产的政策。"只有社会主义才能救中国"，道理也就在这里。在中国共产党的领导下，中国人民终于取得了新民主主义革命的胜利，并完成了向社会主义革命和社会主义建设的转变。解放以后，科学事业的面貌焕然一新。单就天文学方面来说，国家的投资增加了几十倍，上百倍，现在已有5个具有一定规模的天文台，3个人造卫星观测站，1个时辰站，1个天文仪器厂，1个大型天文馆。各天文台出版有自己的"台刊"，还有全国性的《天文学报》、《天体物理学报》和《天文爱好者》3种杂志。这些刊物发表的文章的水平之高，印刷之精美，发行量之多，都是解放前的老一辈天文学家所想像不到的。在中央观象台工作过的陈展云先生，1964年看见《天文爱好者》的发行量是19 000份，怀疑自己看错了，后来仔细辨认"19 000"清晰无误，不禁热泪盈眶！（解放前天文刊物的发行量最多只到60份！）

但是，我们没有任何可以值得骄傲和自满的地方。美国现在有大型望远镜25台，发射过一系列天文卫星，即将把口径2.4米的望远镜送到天空。我们只有口径一米以下的小型地面设备。美国仅《天体物理杂志》一个刊物，每年即发表论文1 000篇左右，我国发表的论文不过150篇左右；美国在天文方面得过博士学位的在1 000人以上，我们的中、高级人员不过100左右；美国在天文方面的投资约2.5亿美元，我国只2 000万人民币。可见，我们用于天文学科方面的投资是相当少的。然而，经费的状况，却关系到观测手段的先进程度和数量多少，关系到若干试验研究工作进行的可能性，关系到研究工作所必需的情报资料的丰富程度，关系到国内外学术交流活动的多少，关系到科研人员是否具有适宜的工作和生活条件。这些因素，都从一定的侧面直接关系到出成果出人才这一根本问题。因此，若不尽可能地增加投资，要加快我国天文学发展的速度，要赶上美国，可以说是很难办到的。请注意，我决不是说，大家不要在现有的条件下发挥主观能动性，精打细算，扬长避短，努力做出最好的成绩。我只是说，比赛要尽可能在相同的条件下进行。

当然，天文学是大科学，而且很难收到经济效益。只有在国民经济得到充分发展以后，才能把它提到日程上。在最近一二十年内希望在这方面大量投资，是不现实的，我们不能抱不切实际的幻想。但是，在这里我想谈一个具有普遍意义的问题，即在科研经费方面，我们不能在绝对数字上和超级大国以及那些经济发达的国家去比，但在国民经济总支出中所占的比例应该有更多的提高。

我们很感谢党和政府，这几年在国家财政还很困难的情况下，对文教卫生科学事业的投资年年有所增加。从1977年到1981年的5年中，国家财政收入每年递增5.3%，而对文教卫生科学事业的投资每年递增15%，1983年的预算为204亿元，占总支出的16.2%。与以前相比，这个百分数已经很高，但比起其他国家来，却还很低。苏联从1960年以来，这项费用每年

占总支出的34%～36%,日本单教育费每年即占总支出的20%左右。我国不但比第一世界的国家和第二世界的国家低,就是比一些第三世界的国家如南斯拉夫、印度和埃及,也低。而我们现在12岁以上的文盲就有23 580多万,科学水平又还很低,如果不尽可能多地增加这方面的开支,那么,表面上来看似乎可以用更多的钱进行物质建设,于四化的早日实现有利,但从长远和实际效果来看,却减少了智力投资和阻碍了科学技术发展的速度,而于四化的实现起着延缓的作用。大家都知道,四个现代化,科学技术现代化是关键,而教育又是关键的关键。根据这种辩证关系,必须权衡近期与远期,此处与彼处等多种因素,注意历史的经验,考虑现实的条件,精心处理,以求最佳地发挥科研队伍的聪明才智,最快速度地推动四化前进。

〔原刊《自然辩证法通讯》(北京),1983年第4期〕

“气”的思想对中国早期天文学的影响

一 “气”的含义和演变

“气”是中国古籍中常用的一个词，是中国古典哲学中的一个基本概念，有时指具体物质，有时指具体物质的一种抽象，含义很广。从最早的文献来看，用在自然现象方面，有两种含义：一是指人们呼吸的气。《论语·乡党》篇有：“摄齐升堂，鞠躬如也，屏气，似不息者。”《庄子·盗跖》篇说：“孔子再拜趋走，出门上车，……色若死灰，据轼低头，不能出气。”《管子·枢言》篇说：人“有气则生，无气则死，生者以其气。”郑玄在注《礼记·祭仪》篇时说：“气，谓嘘吸出入者也。”另一种是与天气有关的云气。《庄子·在宥》篇说：“云气不待族而雨，草木不待黄而落。”《吕氏春秋·恃君览·观表》篇有：“天为高矣，而日月星辰、云气雨露未尝休矣。”许慎《说文》总结说：“气，云气也，凡气之属，皆从气。”

说到“气”的社会属性，最有名的是《孟子·公孙丑(上)》所说的“浩然之气”，它是“道”和“义”相配合而产生的一种精神状态。由于道义对于人的精神面貌，呼吸对于人的生命，云雨对于农业生产，都是十分重要的，这就使得人们有可能提高到一种理想认识，把它当做是构成宇宙万物的元素和本原。这个思想可能也产生得很早。《国语·周语》记载周幽王二年(前 780)伯阳父讲地震的原因时说：“夫天地之气，不失其序；若过其序，民之乱也。阳伏而不能出，阴迫而不能蒸，于是有地震。”伯阳父从天地之气说到阴阳，他大概认为阴阳也是由气构成的。《左传》昭公元年(前 541)记载秦国医生和的话说：“天有六气，降生五味，发为五色，征为五声，淫生六疾。六气曰阴、阳、风、雨、晦、明也。”在这里，又进了一步，不仅阴阳是由气构成的，风、雨、晦、明也是由气构成的；这六种气的相互作用，又派生出各种味道、颜色、声音和疾病，这就向气的一元论又前进了一步。然而说得最系统的还是《管子·内业》篇：

> 凡物之精，比则为生。下生五谷，上为列星；流于天地之间，谓之鬼神；藏于胸中，谓之圣人。是故此气，杲(音 gǎo)乎如登于天，杳(音 yǎo)乎如入于渊，淖乎如在于海，卒乎如在于屺。

据中华书局出版的《中国哲学史资料简编》先秦部分上册，这段话的译文意思当是：“物的精气，结合起来就能生出万物。在地下生出五谷，在天上分布出许多星，流动在天地中间叫做鬼神，在人心中藏着就成为圣人。所以此‘气’，有时是光明照耀，好像升在天上；有时是隐而不见，好像没人深渊；有时是滋润柔和，好像在海里；有时是高不可攀，好像在山上。”这里虽也有鬼神和圣人之类的不科学的东西，但却认为它们也和星星、山川、草木以及普通人一样，也是由物质性的“气”构成的，从而否定了鬼神和灵魂可以先于物质而存在，这是物质第一性的朴素的唯物论思想。

《管子》是齐国著作的汇编。20 世纪 40 年代刘节[1]和郭沫若[2]不约而同地考证出，《管子》中的《心术》(上)、《心术》(下)、《白心》和《内业》这 4 篇是齐国稷下宋、尹学派的著作。宋钘

大概与孟子(约前372—前289)同时而略早,尹文稍后,他们是师兄弟关系。宋钘和尹文所谈的“气”,又叫“精气”。“精”和“粗”是相对的。“精”原意为上等细米,《庄子·人间世》有“鼓筴播精”,就是说用小簸箕简细米。所以精气已不是人们呼吸的气,也不是天空的云气,而是一种更为细微的物质。这种物质和气一样没有固定的形式,它小到看不见,摸不着,但可以在任何地方存在,也可以转化成各种具体的有形的东西,用《心术》(上)的原话来说就是:“动不见其形,施不见其得,万物见以得然。”这也可以说是一种最早的“以太”思想。

古希腊米利都学派的代表人物之一阿那克西米尼(Anaximenes,约前585—前525),虽然也提出气为万物的本原,认为气受热稀散就变成火,受冷凝聚就变成水、土和石头,气的不断凝聚和稀散引起自然界的一切变化,但是,阿那克西米尼的这一学说在欧洲影响很小,而《管子·内业》篇中的思想对中国的哲学和科学产生了深远的影响。单《淮南子》一书中,“气”字就出现了200多次[3]。《黄帝内经·素问·气交变大论》中有一句总结性的话:“善言气者,必彰于物。”就是说,懂得气和气的作用的人,必能对于物质世界有深刻的了解。“气”的思想,作为中国医学的理论基础,研究的人很多;作为中国古代天文学的理论基础,至今还没有人做过专题研究。本文先就它在中国早期天文学中的影响作一些探讨,待将来有机会再往下继续研究。

二　气与四季变化的关系

夏至致日图

表示上古传说明代羲叔(羲仲之弟)在夏至日用表竿和土圭测量日影。(选自李约瑟《中国科学技术史·天学》)

一年四季,寒来暑往,现在我们知道,这是由于地球在轨道上以约23度半的倾角绕太阳公转的结果,古人则认为是由于“气”的作用引起的。现在农历中表示季节变化的二十四节气,即简称为二十四气。二十四气的全部名称,首见于《淮南子·天文训》。《天文训》对昼夜长短和寒暑变化的原因的解释是:“阴阳气均,日夜平分”,“阳气胜则日修而夜短,阴气胜则日短而夜修。”“修”即长,因为淮南王刘安的父亲名刘长(淮南厉王),淮南书中的“长”字均用“修”字代替。《天文训》又说:“日冬至,则斗北中绳,阴气极,阳气萌,故冬至为德。日夏至,则斗南中绳,阳气极,阴气萌,故夏至为刑。”这种认为四季的变化是由于阴阳二气的消长,并且把统治者实行刑罚和庆赏一类的事(“刑德”)跟阴阳二气也联系起来的思想来源很早。《管子·四时》篇里说:“阴阳者,天地之大理也;四时者,阴阳之大经也;刑德者,四时之合也。刑德合于时则生福,诡则生祸”;又说:“春凋,秋荣,冬雷,夏有霜雪,此皆气之贼也。刑德易节失次,则贼气速至。贼气速至,则国多灾殃。是故圣王务时而寄政焉,作教而寄武焉,作祀而寄德焉。此三者,圣王所以合于天地之行也。”于是,《四时》篇的作者便根据

这一套天人感应理论，制定出了春夏秋冬四季统治者该做的事和不该做的事，例如：

西方曰辰，其时曰秋，其气曰阴，阴生金与甲。其德忧哀，静正严顺，居不敢淫佚。其事号令，勿使民淫暴。顺旅聚收，量民资以畜聚。赏彼群干，聚彼群材，百物乃收，使民勿怠。所恶其察，所欲必得，我信则克，此谓辰德。辰掌收，收为阴。秋行春政则荣，行夏政则水，行冬政则耗；是故秋三月，以庚辛之日发五政。……

《吕氏春秋》十二纪继承了《四时》篇中的这一思想，并将《管子·幼管》篇中关于"明堂"（一种具有宗教巫术性质的制度）的论述，以及《夏小正》中的物候历结合起来，于每一纪的开头第一篇讲天文、物候和其他方面的情况，以及在农业生产和政令、祭祀方面统治者所应该做的事情和不应该做的事情。十二月纪有十二篇，汇合起来，就成为一年十二个月的月历。汉朝人把这十二个月的月历编入《礼记》，称为《月令》。《礼记·月令》的出现，更加强了中国天文学的官方性质；然而，我们在这里感兴趣的只是它如何用"气"来解释十二个月：

正月："是月也，天气下降，地气上腾，天地和同，草木萌动。"

二月："是月也，日夜分，雷乃发声，始电，蛰虫咸动，启户始出。"据《淮南子》，"日夜分"系由于"阴阳气均"。

三月："是月也，生气方盛，阳气发泄，生者毕出，萌者尽达。"

四月：据《说文》："阳气已出，阴气已藏，万物见，成文章。"（卷十四下，对"巳"字的解释）。

五月："是月也，日长至，阴阳争。"

六月：据《吕氏春秋·季夏纪·音律》篇："草木盛满，阴将始刑，无发大事，以将阳气。"

七月：据《说文》："阴气成体。"（卷十四下，对"申"字的解释）。

八月："是月也，日夜分……杀气浸盛，阳气日衰，水始涸。"《说文》："水，准也，象众水并流，中有微阳之气也。"

九月："寒气总至。"《说文》："九月阳气微，万物毕成，阳下入地也。"

十月："天气上腾，地气下降，天地不通，闭而成冬。"

十一月："是月也，日短至，阴阳争。"

十二月："命有司大傩旁磔，出土牛以送寒气。""是月也，日穷于次，月穷于纪，星回于天，数将几终，岁将更始，专于农民，无有所始；天子乃与公卿大夫，共饬国典，论时令，以待来岁之宜。"

三　气与律历的关系

《吕氏春秋·季夏纪·音律》篇说："天地之气，合而生风，日至则月钟其风，以生十二律。……天地之风气正，则十二律定矣。"《汉书·律历志》里也有差不多相同的一段话。在古人看来，风是气的一种表现形式，而刮什么风则和季节有关系；另一方面，管乐器要用气来吹，十二律是根据管的不同长度定出来的，因此律和历就发生了联系，把十二律和十二月相配，就成了传统习惯，"律""历"二字常常连用。司马迁在《史记·律书》里对"律历"下的定义是："天所以

通五行、八正之气，天所以成熟万物也。”司马贞《索隐》作的注是：“八谓八节之气，以应八方之风。”这八方的风是：西北方的“不周风”，北方的“广莫风”，东北方的“条风”，东方的“明庶风”，东南方的“清明风”，南方的“景风”，西南方的“凉风”，西方的“阊阖风”。《史记·律书》的主要内容，就是以这八风为线索，以气为指导思想，对五声、十二律以及与历法有关的十干、十二支、十二月和二十八宿进行解说。例如：

不周风居西北，主杀生。东壁居不周风东，主辟生气。而东之，至于营室；营室者，主营胎，阳气而产之。东至于危；危，垝也，言阳气之垝，故曰危。十月也，律中应钟；应钟者，阳气之应，不用事也。其于十二支为亥；亥者，该也，言阳气藏于下，故该也。

《史记·律书》中的这套理论，到《汉书·律历志》更加系统化，以十二律为例：

黄钟：“钟者，种也”，“阳气施种于黄泉，慈萌万物，为六气元也。”
大吕：“吕，旅也，言阴大，旅助黄钟宣气而牙物也。”
太族：“族，奏也，言阳气大，奏地而达物也。”颜师古注：“奏，进也。”
……

根据三分损益率，若黄钟管长九寸，则林钟长六寸，太族长八寸，而其余律管的长度皆非寸的整数，故又以这三个音律代表董仲舒的天统、地统、人统。刘歆把他改编了的历法就叫“三统历”。刘歆认为“太极运三辰、五星于上，元气转三统、五行于下”。“元气”一词，大概出现在汉武帝时代。董仲舒的《春秋繁露·王道》篇有：“元者，始也”，“王正则元气和顺”；《太平御览·天部》引《淮南子·天文训》开头一段话是“宇宙生元气”，而不是现行本的“宇宙生气”。“元气”是“气”的原始阶段，和日常所见的气不同。“元气”一词出现以后，“精气”就少用了。《淮南子》中的“精”，有时即和“气”同义，例如《淮南子·天文训》“天地之袭精为阴阳”。高诱注：“袭，合也；精，气也。”

刘歆又说：“太极元气，含三为一。极，中也；元，始也。行于十二辰，始动于子，故孳萌于子，纽牙于丑，……该阂于亥；出甲于甲，奋轧于乙，……陈揆于癸。故阴阳之施化，万物之终始，既类旅于律吕，又经历于日辰，而变化之情可见矣。”在他看来，十干、十二支、阴阳、律历，千千万万的事物，都是元气运动变化的结果。

其实，不但“三统历”这个名称和“气”的思想有关，就是三统历的前身——“太初历”这个名称，也和“气”的思想有关。因为按照当时流行的观点，元气的开始阶段叫做“太初”。关于这一点，留在第五节里再谈。

总之，从战国到秦汉时代的历法中，“气”的观念是不可忽视的一个因素。

四　气与天地不坠不陷的关系

《庄子·天下篇》记载说，南方有个奇特的人，名叫黄缭，问“天地所以不坠不陷，风雨雷霆之故”，惠施“不辞而应，不虑而对”，并且对各种事物，都能有所解释。惠施是怎样回答的，没有留下材料，现在只能从一些旁证来寻找当时的答案。我们找到，当时对这几个问题的答案都与气有关。“天地之气，合而生风”，“云气不待族而雨”。这在前面已经引过了。

关于雷霆的成因,《庄子·外物》篇里说:"阴阳错行,则天地大絯(骇),于是乎有雷有霆,水中有火,乃焚大槐。"也就是说,阴气包住了阳气,阳气向外猛冲,就发出雷霆的声音,甚至发出雷火,在雨中把大槐树烧掉。

至于天为什么不塌下来,地为什么不掉下去,这个问题在《庄子》里没有答案,可是在《管子》里早有所议论,不过比较模糊,至今没有引起人们的注意。《管子·白心》篇说:"天或维之,地或载之。天莫之维,则天以坠矣;地莫之载,则地以沉矣。夫天不坠、地不沉,或维而载之也。"据下文的解释,这个"或"就是"视则不见,听则不闻,洒乎天下满,不见其塞"的东西,也就是精气。到了《黄帝内经·素问》里才说得明白起来。《素问·五运行大论》里有一段假托黄帝和岐伯的对话:

帝曰:"地之为下,否乎?"

岐伯曰:"地为人之下,太虚之中者也。"

帝曰:"凭乎?"

岐伯曰:"大气举之也。燥以干之,暑以蒸之,风以动之,湿以润之,寒以坚之,火以温之。……故燥胜则地干,暑胜则地热,风胜则地动,湿胜则地泥,寒胜则地裂,火胜则地固矣。"

岐伯认为,大地处在宇宙的中心,漂浮在周围的大气之中,大气有燥、暑、风、湿、寒、火六种成分,这六种成分能分别发生干、蒸、动、润、坚、温六种作用,随着各种成分来到地上的数量的变化,便产生各种现象。张衡发明测量地震的仪器,名叫"候风地动仪",就是根据"风胜则地动"这种思想而取名的(近人有不察之者,以为它是"候风仪"和"地动仪"两个仪器,这是一个误会)。

地是浮在气中的,那么天又是怎么回事呢?盖天说者和浑天说者都认为天有个硬壳。有的盖天说者以为这硬壳像一把大伞一样,高高悬在上空,有绳子缚住它的枢纽,周围还有八根柱子支撑着,共工触倒的那个不周山,就是八根擎天柱之一。浑天说者则前进了一步,认为"天地各乘气而立,载水而浮"(《浑天仪图注》)。宣夜说者更进一步,认为天就是气,说"天积气耳,无处无气,若屈伸呼吸,终日在天中行止","日月星辰亦积气中之有光耀者"(《列子·天瑞》篇)。天色苍,是因为它高远无极,犹如远山色青,深谷色黑,而青与黑都不过是表象,透过现象看本质,并不是真的有有形体有颜色的天壳(据《晋书·天文志》)。这样,天的界限被打破了,一切人为规定的高度被否定,在我们面前展开的是一个无限的宇宙,这在人类认识宇宙的历史上是一个飞跃。

不仅如此,宣夜说还认为"气"是天体运动的动力,"日月众星,自然浮生虚空之中,其行其止,皆须气焉"(《晋书·天文志》)。如果再考虑到刘智在《论天》(约公元 274)里已提出"气"具有超距作用,"无远不至,无隔能塞"(见《全晋文》第 39 卷),两者配合起来,意义就更为深刻了,可以说是引力思想的一种萌芽。

五　气和天地起源的关系

中国古代关于天地起源的思想一开始就和"气"相联系。"遂古之初,谁传道之?上下未形,何由考之?冥昭瞢(音 méng)暗,谁能极之?冯翼惟象,何以释之?明明暗暗,惟时何为?

阴阳三合，何本何化？”屈原在《天问》一开头就天地起源理论提出的这几个问题，反映出当时流行的看法是：从混沌中产生气，气分而为阴阳，阴阳掺合，化生万物。

屈原名平，字正则。《管子·内业》篇说：“凡人之生也，必以平正。”屈原的名字也许就是根据《管子·内业》篇来的。在屈原的另一篇作品《远游》中有“焉托乘而上浮”，“餐六气而饮沆瀣”和“精气入而粗秽除”等句，也反映了宋尹学派对他的影响。我们猜想，屈原对当时流行的天地起源理论也可能是相信的，提出问题只是为了寻得更进一步的说明。而这更进一步的说明，到100多年以后的《淮南子》中才出现。《淮南子》的《淑真训》、《天文训》和《精神训》都谈到这个问题，而以《天文训》为最详细。根据《天文训》，气由于轻重和疏密的不同，不断分化，清轻的互相摩盪，向上成为天；浊重的逐渐凝固，向下成为地。清轻的容易团聚，浊重的不易凝固，故天先成，地后定。天地的气结合而分为阴阳，阴阳的气分立而成为四时，四时的气散布出来就成为万物。阳的热气积聚久了产生火，火的精气变成太阳；阴的冷气积聚久了产生水，水的精气变成月亮；太阳和月亮过剩的气变为星星。

在这里，《淮南子·天文训》的作者们，以气为线索，对天地、日月星、四时、万物，描写出了一个演化过程，并对气的来源作了追述：“道始于虚霩，虚霩生宇宙，宇宙生元气。”“霩”通“廓”，“虚霩”这个概念有点像现代宇宙学中的奇点。如果再把西汉末叶成书的《易纬·乾凿度》中的论述拿来和当前热爆炸理论中宇宙早期演化进行对比，更会发现有惊人的相似之处（见下表）。

对比点	热爆炸理论	《易纬·乾凿度》	《灵宪》
1	奇点期（10^{-44}秒）：物质处于完全辐射状态，时空开始形成，（10^{32}K）	太易：“未见气也。”郑玄注：“以其寂然无物，故名之为太易。”	道根（溟涬）
2	极早期（10^{-36}秒）：重子开始形成，（10^{28}K）	太初：“气之始也。” 郑注：“元气之所本始。”	道干（庞鸿）
3	早期（10^{-12}秒）：氦、氘、锂等重元素开始形成，（10^{16}K）	太始：“形之始也。” 郑注：“此天象形见之所本始也。”	
4	现期（10^{-4}秒）：星系胚（巨大的气体星云）开始形成，（10^{12}K）	太素：“质之始也。”（“质”代表物质的刚柔、静躁、清浊等性质）	
5	将来期：从现在到今后		道实（天元）

从第四阶段到第五阶段是一个转折点，在此以前是理论上的推断，在此以后是观测到的事实。现代宇宙学中所用的理论是基本粒子物理、等离子体物理、热力学、统计物理、量子论和相对论，而中国古代用的只是思辨性的“气”。《易纬·乾凿度》说：“气、形、质具而未离，故曰混沌。”郑玄注云：“虽含此三始（太初、太始、太素）而犹未有分判，古曰浑沦，老子曰：‘有物混成，先天地生。’”

按《老子》第二十五章是：“有物混成，先天地生。……吾不知其名，字之曰道。”第四十二章里又说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。”《易纬·乾凿度》中的“混沌”就是《老子》中的“道”，《易·系辞》中的“太极”，《吕氏春秋》中的“太一”，扬雄《太玄》中的“玄”。用热爆炸理论来

说就是宇宙开初万分之一(10^{-4})秒内的原始火球。东汉时许慎的《说文》中说:"惟初太极,道立于一,造分天地,化成万物。"古时以天地形成为转折点,现代以星系形成为转折点,这只是随着观测工具的进步,人们的眼界扩大了,其逻辑意义是一样的。

《易纬·乾凿度》的天地形成理论,不但上有源,而且下有流。班固在《白虎通义·天地》篇里引作论据,张揖编的《广雅·释天》里有详细叙述,东晋时编的《列子·天瑞》篇中全文照抄,就连曹植写的《魏文帝诔》和陆机写的《吴大帝赋》中也都大谈"皓皓太素,两仪始分","皇朝膺期,有命太素",足见其流传之广和深入人心了。我们这里要特别一说的是王符(约85—162)和张衡(78—159)的发展。

张衡的朋友王符在《潜夫论·本训》篇里说:"上古之世,太素之时,元气窈冥,未有形兆,万精合并,混而为一,莫制莫御。若斯久之,翻然自化,清浊分别,变成阴阳。阴阳有体,实生两仪。天地壹郁,万物化淳,和气生人,以统理之。"这段话的大意是:天地没有形成的"太素"时代,一团广大的元气,没有形状,也不受什么力量控制和驾驭,只是许多精气合并着、混合着。这样混沌的情况,经过了一段很长的时间以后,突然自己发生变化,分成清浊两种,清的变成阳气,浊的变成阴气,阳、阴二气成为有形的东西就是天和地。天气和地气繁盛郁积,化生万物,那中和的气化生为人,统治万物。

把《潜夫论》中的这段话,和众所周知的张衡《灵宪》中关于天地起源的一段话进行对比,就会发现,二者基本上相同,都是上承《易纬·乾凿度》,以太素为一个分界限,太素以前是混沌状态,气按照刚柔和清浊的不同一分为二,形成天地;天地之气再积聚构合,生出万物。不同于前人的是,张衡更换了几个名词,他把"道"分配在演化的整个进程中。他所说的道根(溟涬)相当于太易阶段,道干(庞鸿)相当于从太初到太素三个阶段。太素以后,元气一分为二,形成天地万物的阶段,张衡把它叫做道实(天元)。

张衡的这些名词和说法,在徐整的《三五历纪》和皇甫谧的《帝王世纪》中都采用了,也为现今一般人所熟悉。但我们认为,在宣传《灵宪》的同时,也应给《易纬·乾凿度》和《潜夫论》以应有的地位。

由上所述,不难看出,如同在中国医学中一样,"气"的思想也贯串在中国天文学的各个领域,只有从思想史的角度,把这个问题理清楚了,才能了解古人当时是怎样想的,才能还历史以本来面目。本文只是一个开端,抛砖引玉,希望以后能有更深入的研究问世。

参 考 文 献

[1] 刘节.《管子》中所见之宋钘一派学说.1943年.后收入所著《古史考存》.

[2] 郭沫若.宋钘、尹文遗著考.1944年.后收入所著《青铜时代》.

[3] 平岡禎吉.淮南子に现わ札太气の研究.东京:理想社,1961.

〔原刊《东洋の科学と技术》(薮内清先生颂寿纪念文集),
京都,1982;中文载《中国天文学史文集》第3集,北京,1984〕

古为今用　推陈出新

——建国以来中国天文学史研究的回顾

1982 年 10 月 30 日是中国天文学会成立 60 周年。1922 年中国天文学会在北京古观象台开成立大会的时候，评议员（理事）高平子提出研究中国天文学史的四条原则[1]：

1. 以科学方法，整理历代系统；
2. 以科学方法，疏解并证明古法原理；
3. 以科学公式，推算疏密程度；
4. 以科学需要，应用古测天象。

根据这四条原则，高平子和他的朋友朱文鑫以毕生精力对中国天文学史进行了研究。朱文鑫的重要著作有：《〈史记·天官书〉恒星图考》(1927)、《天文考古录》(1933)、《历代日食考》(1934)和《历法通志》(1934)；高平子的重要论文，则汇集在 1969 年台湾省出版的《学历丛论》中。

除了高、朱两位进行专职研究外，我国老一辈的天文学家中，对天文学史有兴趣的人很多。解放前在中国天文学会主办的《宇宙》等刊物上，几乎每期都有他们撰写的有关中外天文学史的文章。但是，将天文学史作为一门学科，有领导、有组织地进行研究，还是解放以后的事。

1949 年中国科学院成立后不久，"决定要从事两项重要的工作：一是中国科学史的资料搜集和编纂，二是近代科学论著的翻译与刊行"。郭沫若院长写道："我们的自然科学是有无限辉煌的远景的，但同时我们还要整理几千年来的我们中国科学活动的丰富的遗产。这样做，一方面是在纪念我们的过往，而更重要的一方面是策进我们的将来。"（《中国近代科学论著丛刊》序，1953）。根据科学院领导人的分工，这两项重要的工作，均落在竺可桢副院长的肩上。竺老于 1951 年 2 月 25 日至 26 日在《人民日报》发表《中国古代在天文学上的伟大贡献》，做了良好的开端。接着，又于 1952 年召集对科学史有兴趣的专家们，开了一次座谈会，讨论如何组织起来，开展工作。在此基础上，中国科学院于 1954 年成立中国自然科学史委员会，天文学史是该委员会首先开展的工作之一。委员会主任竺可桢，副主任叶企孙，都对天文学史有深厚的造诣。委员会成立后不久，经周恩来总理批准，调著名数学史家和天文学史家李俨、钱宝琮来京工作。

1956 年春国务院主持制定我国科学发展的十二年远景规划，决定派代表团到意大利参加第 8 届国际科学史大会，并在中国科学院内成立专门机构。在向意大利提交的 5 篇论文中，天文学史占了 3 篇，即：竺可桢《二十八宿的起源》[2]、钱宝琮《授时历法略论》[3]、刘仙洲《中国在计时器方面的发明》[4]。

1957 年 1 月，中国科学院正式成立中国自然科学史研究室（1975 年又扩建为自然科学史研究所），内设天文学史组。该室完成的重要成果有：《中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义》[5]，《从春秋到明末的历法沿革》[6]，《中国古代的恒星观测》[7]，《伽利略的工作早期在中国的传播》[8]和《明代航海天文知识一瞥》[9]，《日心地动说在中国》[10]，《临沂出土汉初古历初探》[11]，《蟹状星云是 1054 年天关客星的遗迹》[12]等文章，并和其他单位同志合

作,写出了《中国历史上的宇宙理论》[13]一书。

国务院科教组和中国科学院于1974年11月27日到12月4日,在北京召开了整理研究祖国天文学规划座谈会,制定了一项比较长期的研究计划,并决定成立整理研究祖国天文学领导小组(简称整研组),由北京天文台代管。与此同时,天象资料组在北京天文台也宣告成立;紫金山天文台、上海天文台、陕西天文台、云南天文台或成立天文学史研究小组,或确定专人负责此项工作。从那时以来,整研组共出版了三本书籍[14]和四本文集[15],召开了三次全国性的规模较大的会议,即:1975年底在天津召开的研究成果交流会,1976年6月下旬在湖南衡山召开的天文史资料工作会议,1979年3月中旬在福建厦门召开的研究成果交流会。三次会议共提出论文140多篇,每次出席者在100人左右。

中国天文学会也一贯重视天文学史的工作。1957年2月于南京,1962年8月于北京,1978年8月于上海分别举行三次年会。每次年会都有一定数量的天文学史的文章。1978年决定,在理事会之下成立天文学史专业组,负责协商各单位之间的分工,推动非专业人员的业余研究,组织学术交流。专业组于1980年5月在四川成都召开了学术会议,交流了71篇论文;在此基础上,中国科学院成都分院在《自然辩证法学术研究》第8期上出了"中国天文学史论文集",选登了其中10篇论文。这次会议上的多数文章,在《天文学报》第21卷第3期上亦有一篇详细报道。1982年3月在庆祝中国天文学会成立60周年的前夕,专业组又在陕西临潼召开了"古代天文纪录的现代应用讨论会",会议收到论文29篇,其中与主题有关的占一半以上。根据这次讨论,席泽宗写成的《历史纪录对天体物理学问题的应用》一文,1982年4月12日在中国科学院和西德马克斯·普朗克学会联合召开的南京高能天体物理讨论会上报告以后,受到了与会代表的热烈欢迎。为此新华社发了一条专电,刊登在4月27日的英文报《中国日报》上。

1980年10月中国科学技术史学会在北京成立,共分11个组宣读论文,在天文史组宣读的论文有15篇。该会于1981年11月16—20日在河南郑州召开了纪念元代天文学家郭守敬的学术讨论会,来自十省市的59名科学工作者宣读了论文24篇,就郭守敬的科学思想、治学精神和治学方法,他和前人及后人的师承关系,他在天文学和水利学上的成就以及仪器制造和大地测量等各方面的贡献,进行了深人的探讨。

现在,属于天文学史专业组的中国天文学会会员已有40多人,再加上数学、历史、考古、民族等兄弟学科热心于中国天文学史的同志,已形成了一支不小的队伍。这支队伍团结一致,年年聚会,交流经验,取长补短,共同提高。著名的华裔天文学史专家、香港大学中文系主任何丙郁说得好:"以往数十年间,中国科学史的研究,中心都不在国内,而在国外,使人扼腕。最近此科的研究,在国内渐见蓬勃,尤其是天文学之研究,更是成绩斐然,活泼之极,令人欣慰。"[16]为了更好地开展工作,值此《天问》问世之际,我想将建国33年来的主要成果综述如下,并尽可能地寻找其不足之处,以便发扬优点,克服缺点,以更快的步伐前进。

一 书籍的编纂

1955年上海人民出版社出版了陈遵妫编著的《中国古代天文学简史》。1959年上海科技出版社出版了李珩翻译的《天文学简史》(原名《宇宙的发现》,Gérard de Vaucouleurs原著)。这两本书对于全面地了解中国天文学史和世界天文学史都嫌不够;然而,在过去20多年中,它们一直是这方面仅有的出版物,尤其世界天文学史,至今还没有别的中文读物,不能说不是一个

遗憾。

陈遵妫的《中国古代天文学简史》,是李约瑟编写《中国科学技术史》第三卷"天学部分"(被科学出版社译成中文后为第四卷)的基本参考书之一,已于1962年被译成俄文出版,1981年译成日文出版;现经作者和崔振华修订,改为《中国天文学史》,分为四册,第一册已于1980年出版,其余几册亦将陆续付印。

中国科学院自然科学史研究所从1958年起,即组织人力,着手编写一本《中国天文学史》,但由于种种原因,此书一直未能出版,直到1981年整研组才将这本书奉献在读者面前。这本书资料比较丰富,文字表达深入浅出,通俗易懂;然而由于它是按研究对象分章,对历史上有成就的科学家未能予以充分的刻画,使人读了有见物不见人之感。

经天文学界全体同人的努力,150多万字的《中国大百科全书·天文学》,只用了两年多时间就出版了。天文学史部分占有六分之一。国外评者对这一部分特别赞许。英国李约瑟说:"我们满意地看到,本书恰当地肯定了天文学史上有代表性的大科学家如张衡、祖冲之、一行和郭守敬的贡献。不过,我们对纯粹根据想像为他们画像的作法不敢苟同,这使人想起早期生物学和医学史家,用来装饰自己书籍的文艺复兴时期雕刻的亚里士多德和盖伦的半身塑像。书中还有大量展示中国古代天文仪器的插图和中国古书的插页,并附有很好的说明文字,但它们并不妨碍对最现代的理论和最新的知识进行阐释。"[17]美国利克天文台的道格拉斯·林说:"本卷收有天文学各个分支内容的条目1000多个,而以中国天文学史部分的资料最为丰富,撰写甚佳……本卷的作者们概要地提供了他们多年辛勤研究的成果。读者不仅能从中查到有关中国古代历法、日食、月食和变星的饶有趣味的历史记载,也能查到有关各种宇宙学说发展的历史。对于研究中国天文学史的人尤有价值的是,本书把500多个星名与中国古星名对照列出。"[18]

二　资料的整理

中国古代把天文学叫做"历象之学"。"历"指历法,"象"指观测仪器和观测纪录。前者包括在二十四史的《历志》或《律历志》中,后者包括在《天文志》中。1975—1976年中华书局把历代天文、律历诸志汇编成十册出版,为国内外研究者提供了很大的方便。与此同时,天象资料组充分发动群众,在许多省、市、自治区的支持下,先后300多人参加,查阅了15万卷史书、地方志和其他古籍,编成《中国古代天象纪录总集》和《中国天文史料汇编》,并于1978年以油印本形式发送到各有关单位征求意见。这项宏大的工程于1977年底在中国科学院京区先进工作者大会上被评为十面红旗之一,在1978年全国科学大会上得到充分的肯定和表扬。《中国古代天象纪录总集》包括我国古籍上记载的关于日食、月食、月掩行星、太阳黑子、极光、陨石、流星雨、流星、彗星、新星的纪录共1万多项,是一部非常有用的资料,将由江苏科技出版社出版。

除了印刷成书的文献资料以外,在殷代的甲骨卜辞中,西周的铜器上,汉代的竹简上,唐代的卷子中,明清档案中,也都有天文资料。中国社会科学院历史研究所主编的《甲骨文合集》,已出第二至第十册,第一册和第十一至十三册也将陆续出版。对于明清档案中的天文资料,60年代自然科学史研究所曾进行摘抄,现正在《科技史文集》上陆续发表[19]。

三 历法的研究

1953年《天文学报》创刊号上发表刘朝阳写的《中国古代天文历法史研究的矛盾形势和今后出路》，提出上起唐虞或更早，下至春秋末叶或更晚，中国曾用过一种一年360天，每月30天的政治历。文章发表以后，引起了天文学界和历史学界的激烈争论，典型的一篇批评文章发表在1956年《天文学报》第4卷第2期[20]。对于春秋战国以前的历法，历来有所争论，许多问题至今未取得一致意见。近几年来，紫金山天文台和自然科学史研究所，对一些历法正在做深入地探讨。

从汉代三统历开始的历法，在二十四史中都有详细的记载。但是正史中所载的这些历法并不是能轻易读明白的，也不是读通一两家历法其他就会通的。因此，从清代起就有人想将正史中所载的历法一一详加注释，可惜仅成三统、四分、乾象三历。王应伟老先生于本世纪60年代初期又继续这项工作，从魏景初历开始，到明大统历为止，完成《中国古历通解》三卷，共40万字[21]。不过，王老先生只是用注解体裁，逐句诠释，尚未做由表及里、由此及彼的深入研究。而严敦杰1978年发表的《中国古代数理天文学的特点》，则把从古四分历起到明大统历为止的中国历法，提纲挈领地进行了高度概括，是一篇短而精的好文章[22]。

此外，中国科学院数学研究所对上元积年的研究[23]、华东师范大学地理系对一行大衍历的研究、内蒙古师范学院对殷历的研究[24]，都有一定的独到之处。

四 少数民族天文历法知识的调查

我国有56个兄弟民族，这些民族在解放前处于不同的历史发展阶段，如能对各个民族的天文历法知识予以调查，并进行比较研究，就可以在我们面前展现出早期天文学发展的一幅略图。1955年中华书局出版过一本马坚先生编译的《回历纲要》，但回历是阿拉伯人的发明，元朝时传到我国，为信仰伊斯兰教者所用，因此回历不能算是我国土生土长的历法。对少数民族天文历法的大规模调查是从1976年才开始的。从那时以来，中国天文学史整理研究小组联合中国社会科学院民族研究所、中央民族学院以及其他有关单位，调查了西南地区的傣族、基诺族、拉祜族、哈尼族、布朗族、纳西族、藏族、彝族、水族、佤族，东北地区的赫哲族、鄂伦春族，海南的黎族和内蒙古的蒙古族。1981年科学出版社出版的《中国天文学史文集》第二集，刊登了它的第一批成果，其中包括调查报告6篇和论文6篇，为国内外研究者提供了大量原始资料。

在成都召开的天文学史成果交流会上，兄弟民族天文学组非常活跃，到会者有汉、满、蒙、回、藏、纳西、朝鲜等族，共收到论文17篇，原著汉译6种。其中《论藏族〈时轮派历算精要〉中的五星运动及日月食的预报问题》、《古代藏族的几种测时仪器》、《水族的天象历法》都有特色，而对内蒙古阴山岩画中日、月、星辰图画的研究，有助于对古代匈奴、突厥等民族天文知识的了解。

现在，由刘尧汉等编写的一部20万字的《彝族天文学史》已经完成，将由云南人民出版社出版。彝族中的十月历(每年十个月，每月三十六天，以十二兽纪日，一月三转，另有五日或六日不属于任何一月，称为过年日)、月分明暗两半(上半月为明月，下半月为暗月)，以及二十八宿和恒星月的紧密联系，对于了解《管子·幼官》篇中的三十节气、金文中的生霸、死霸和二十八宿的起源问题，提供了一把钥匙。我们深深地感到民族天文学(Ethnoastronomy)大有文章

可做。

更可喜的是,1981 年 6 月 7 日至 16 日在拉萨成立了西藏天文历算学会,到会代表 40 人,会上宣读了《西藏天文历法史略》、《日食经验表》、《扫星规律》等天文学史的文章。据了解,原属拉萨藏医院("门孜康")的藏历编辑室,已扩建为西藏天文研究所,由崔成群觉任所长,强巴曲札任副所长;甘南的拉卜楞寺是藏族的另一个天文历算中心,那里保存的天文文献有 500 多种,亟待研究。

五　天象纪录的分析和应用

"对西方科学家来说,在《天文学报》发表过的论文中,可能最熟知的要算席泽宗在 1955 年和 1965 年发表的关于超新星的两篇论文了。"美国著名的天文杂志《天空与望远镜》(Sky and Telescope)1977 年 10 月号在介绍"中国最近天文研究概况"时提到的这两篇论文,是指《古新星新表》和《中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义》,后一篇是与薄树人合作的。这两篇文章系统地研究了历史上和新星有关的材料约 1 000 条,从中挑选出 90 条认为可能是新星,其中 12 条可能是超新星。文章发表后,受到美苏两国的极大重视,他们纷纷翻译出版[25]。20 多年来,世界各国在讨论超新星、射电源、脉冲星、中子星和 X 射线源等现代天文学研究对象时,引用过这两篇文章的文献在 1 000 种以上。1980 年荷兰的帕伦博(G.C.C.Palumbo)、迈利(G.K.Miley)和意大利的斯基波·卡姆波(P.Schiavo Campo)又利用荷兰莱登天文台惠更斯实验室射电天文中心的威斯特波克(Westerbork)综合孔径射电望远镜,从我们 1965 年的文章中挑选了 7 个对象,在 1.5°×1.5°的区域内进行巡天观测,企图发现非热射电源,虽然没有得到结果,但是他们认为这项探测工作还应继续进行[26]。在国内,也有人对 1006 年的超新星[27]和 1054 年的超新星[28-29]进行了更深入的研究,也有人认为射电脉冲双星 1913～1916 可能与公元前 4 年(汉建平三年)的纪录有关[30],而最令人感兴趣的是李启斌关于可能是黑洞的 X 射线源天鹅座 X-1,或许就是 1408 年(明永乐六年)爆发事件遗迹的观点的提出[31]。

1978 年李启斌根据《中国古代天象纪录总集》中的材料,对《古新星新表》中的一些纪录进行了订正,补充了 8 条材料,并进行了论证,认为 1408 年 9 月 10 日的这条记载是超新星爆发,天鹅座 X-1 可能就是它的遗迹。文章一发表,立刻引起了国际上的注意。在爱尔兰工作的华侨天文学家江涛等指出,这个"客星"在日本也有纪录,而首见在 7 月 14 日,比中国早 58 天。把中日两国纪录结合起来,可见期长达 102 天,这就更增加了它是超新星爆发的可能性[32]。不过,在这个超新星位置附近,有两个奇异天体:天鹅座 X-1 和 CTB80,哪一个是它的遗迹,目前尚在争论之中[33]。

《天文学报》发表关于天象纪录系统整理研究的论文还有两篇。一是 1966 年 14 卷 1 期上庄天山的《中国古代流星雨纪录》,一是 1976 年 17 卷 2 期上云南天文台的《我国历代太阳黑子纪录的整理和活动周期的探讨》。前者按月份顺序排列了 147 条流星雨纪录(其中有 5 次是白昼流星雨),提供了 5 个辐射点(宝瓶座 η 流星群、狐狸座 24 星附近流星群、御夫座 β 流星群、小熊座 β 流星群和白羊座 ε 流星群);另外对天琴座、狮子座、英仙座、仙女座等流星群提供了许多有趣的补充材料。在庄天山之前,1963 年李广申曾在《新乡师范学院学报》第 4 卷第 3 期上发表过《狮子座流星雨的今昔》。近年来,空间物理所的金立兆又在对这一问题做更细致的研究。

云南天文台关于太阳黑子的文章是在朱文鑫[34]和程廷芳[35]工作的基础上进行的，共列出了1638年以前的112次黑子纪录，并利用它进行了相关的统计分析，得出黑子活动的周期有10.6年、62.2年和250年。但由于该文是写于1975年，而美国艾迪(J.A.Eddy)于1976年从所谓蒙德极小期(Maunder Minimum)出发，否认太阳活动在历史上并不存在11年周期的问题[36]，为了回答这个问题，作者们又于1978年发表3篇文章[37-39]，指出蒙德极小期是太阳活动更长的周期中的一个周期现象，而在蒙德极小期中11年周期也还存在。与此同时，北京邹仪新[40]、南京徐振韬夫妇[41]也分别论证了这一问题。徐振韬夫妇从地方志中找出，在蒙德极小期内也有6次黑子纪录，其加权平均周期为10.54±0.62(年)，11年周期依然存在。其后，戴念祖和陈美东利用从传说时期到中、朝、日三国历史上的极光纪录，得出在此期间太阳活动有180个峰年，恰为11年一个周期；材料又表明，历史上太阳活动存在几个低潮期，1640—1720年是其中的一个，但在这期间，11年周期也还存在，与徐振韬夫妇从黑子纪录所得结果一致[42]，从而又从另一方面否定了艾迪的说法。

1978年英国斯第芬森(F.R.Stephenson)和克拉克(D.H.Clark)写了一本书，名叫《早期天文纪录的应用》(Application of Early Astronomical Records)，除第一章作一般历史介绍外，分三章讲日食、新星、黑子极光的应用；用的多为中国资料，但对中国人的新近研究成果介绍得很不够。1980年陕西天文台吴守贤将60年代以来4位西方天文学家(D.R.Curott,1966;R.R. Newton,1970;P.M.Mullar and F.R.Stephenson,1975)所用的我国日食纪录进行考核，发现他们所用的观测纪录除互相重复的外，总共有30个。在这30个中，有10个不符合条件。既然所使用纪录有三分之一靠不住，他们用来研究地球自转不均匀性所得结果当然就有了问题[43]。与此同时，北京天文台李致森[44]、自然科学史研究所陈久金[45]也对这一问题进行了研究。

《历史研究》1976年第4期发表了《中国古代对陨石的记载和认识》。贵阳地球化学研究所、北京天文馆、北京大学等单位正在详细、深入地进行研究。1981年北京大学张淑媛在日本东京国际陨石学会议上，报告了她和华东石油学院北京研究生部于志钧把我国史料中有关陨石的记载按陨落时间、地点、陨落状况的描述和资料来源输入电子计算机，并经过软件处理，发现陨石降落数量每隔一定的时期有增多和减少的起伏变化，并计算出60年和240年两个确定的周期。报告完后受到与会学者的高度赞扬，有人认为“这是陨石研究的新的里程碑”[46]。

马王堆三号汉墓帛书中29幅彗星图的发现，可以说是望远镜发明以前关于彗星形态的一份珍贵资料，为世界天文学史增添了新的一页[47]。张钰哲先生结合哈雷彗星轨道的历史演变，对武王伐纣年代的考证又引起了历史学界的广泛兴趣[48]。

总之，历史纪录的现代应用，已成为国际上广泛注意的一个课题，有人把它叫做“历史天文学”(Historical Astronomy)，也有人把它叫做“考古天体物理学”(Archaeoastrop hysics)，美国天文学会已于1980年1月建立历史天文学分会，并向我国征聘会员。我国是最有条件开展这项工作的国家，我们应该发挥优势，在这方面做出更多的贡献。

六　实验天文学史的开拓

古代的日食、黑子纪录，在现代天文学中既然如此重要，人们不禁要问，古人是怎么得到这些资料的？它们的精确性如何？为了回答这个问题，自然科学史研究所5人和北京市青少年天文爱好者协会4人，于1980年春节前夕从北京不远万里到达云南的瑞丽和潞西两地，准备

用古代的目视、水盆、油盆和仰仪4种办法，观测那年2月16日的日全食。实践证明，古代的这些观测方法是行之有效的。他们看到了日冕、日珥、贝里珠、黑子和色球层。4种方法看到的日食初亏时间比理论预告值只晚40秒到两分钟（如果观测熟练，这个误差将会更小）。用初亏到食既所需的时间来除这个迟延误差，所得到的便是最小感知食分限；若取日面直径为10分，则两地观测所得到的最小感知食分限都小于1分。这个结果很是重要。我国记有“朔”字的最早日食纪录（《诗·小雅》“十月之交，朔日辛卯，日有食之”），自南北朝时期虞邝推定为周幽王六年（前776）以来，一直没有人怀疑。然而到了近代，有人以公元前776年的日食在黄河流域所见食分太小不能看见为理由，把它改为周平王三十六年（前735）[49~51]。但是这样一来，就和《诗》所描写的内容符合不起来。按周之十月，为今旧历八月，公元前776年9月6日干支为辛卯，日月合朔在格林尼治平时1时30分，合北京时上午9时30分，据奥泊尔子（Oppolzer）《食典》，这一天有一次日全食发生，在洛阳能见偏食一分以上，大于我们得到的最小感知食分限，因而这次日食定在公元前776年是对的，被颠倒了的历史应该再颠倒过来。

这件事的重要性不在于定在公元前776年就比巴比伦最早日食（前763年）早13年，定在前735年则晚28年，而在于这件事告诫我们，不能轻易地否定古人的经验和纪录，在纪录和当前理论相矛盾时，不应单单只怀疑纪录的真实性，也应考虑我们当前的认识有什么不完善的地方。有鉴于此，本文的作者就将1957年已经怀疑的一个问题——战国时代的甘德是否已经看到木星的卫星？——提出来，让实践来检验。结果是：北京天文馆在天象厅所做的模拟观测[52]、自然科学史研究所组织青少年到河北兴隆所做的实测[53]、北京天文台在望远镜上加光阑模拟人眼所做的观测[54]，一致证明，在良好的条件下，木卫是能用肉眼观测到的，甘德的纪录非常逼真，从而把人类认识木卫的历史提前了2000年，也把现代天文学书中说得模棱两可的一个问题进行了澄清。为此，以毕生精力研究中国天文学史的日本京都大学名誉教授薮内清，最近以《“实验天文学史”的尝试》为题，发表一篇短文，认为这是实验天文学史的开始，沿此方向前进，有许多工作可以进行，例如，在使用浑天仪以前是否用测南中和漏壶相结合的方法测二十八宿的距度；用圭表测量冬至的时刻，等等[55]。事实上，上海天文台已于1980年冬至前后到河南登封观星台进行了一次日影的实测工作，得到4天的观测结果。分析表明，日影的单次测量精度在3到6毫米之间，观测到的正午时的日影长度与计算值之间有8毫米左右的平均偏离，这分别相当于元代天文用尺的二分、三分左右，比《元史·天文志》中纪录的精确到5毫米要差很多，原因何在，尚待进一步研究[56]。

七　星图的发现和研究

新出现的奇异天象，总是要以似乎不变的星座为背景来做纪录的。中国古时把星座叫“星宿”或“星官”，最重要的是黄赤道附近的二十八宿，它是纪录日月和行星运动的定标点，也常常用做纪录其他天象的坐标。关于二十八宿的起源问题，从解放前一直到最近都有人在写文章研究[57-63]，多数主张起源于我国，但在具体时间等问题上还有不同的看法。这里值得一提的是，1978年在湖北随县曾侯乙的墓（约前433）中，发现一个木箱的盖子上有一圈二十八宿的名字，这样就把有文献可查的二十八宿的全部名称记载，向前推了约200年（过去以公元前393年成书的《吕氏春秋·有始览》为最早）[64]。

关于二十八宿距度的测量，过去认为唐《开元占经》中所引石氏星经的度数为最早，不少人考证过它的年代[65-67]，但对石氏度数下的小注“古度”却从未加以注意。1977年在安徽阜阳

汝阴侯墓(前165)中发现了上下相重的两个圆盘,上盘刻有北斗七星,下盘边缘刻二十八宿,度数与《开元占经》中的古度相合[68]。这一发现十分重要,它既给我们提供了早期天体测量的一个线索,又为原始天文仪器的研究提供了重要的实物。

精确的星图当然要靠天体测量来做基础,但示意性的星图只要把各星之间的相对位置画出来就行了。33 年来,我国发现了大量的古代星图,最早的是洛阳西汉末年古墓中的星图[69],最晚的是呼和浩特蒙文星图(1730)。介于这两个时期之间的重要的星图有:洛阳北魏元乂墓星图(526)[70]、敦煌星图甲、乙本(700 年左右)[71-72]、杭州吴越星图(941)[73]、宣化辽墓星图(1116)[74]、北京隆福寺星图(1453)[75]、常熟石刻星图(1506)[76]和莆田星图(16 世纪末)[77]。这些星图以及我国许多重要的天文文物,集中地反映在 1980 年出版的《中国天文文物图录》中。配合这本图录,将有一本《中国天文文物文集》出版。

此外,上海潘鼐和北京杜升云先后对苏州宋代石刻星图做了较深入的研究[78-79]。潘鼐和南京王德昌合作,搜集了宋代皇祐年间的恒星观测纪录,进行了严密的归算和证认,列出 360 个星的中西星名对照[80],这和北京科学出版社 1981 年出版的、由伊世同编绘的《中西对照恒星图表》,都给中国天文学史的研究带来了很大的方便。

在利用天体位置进行大地测量和航海方面,陕西天文台[81]、天津纬度站[82]、华南师范学院和科学院地理研究所分别对唐、元、清康熙和乾隆年间的几次大地测量进行了深入研究,北京天文台和华南师范学院对郑和航海时所利用的天文知识进行了研究[83]。

八　仪器台站的修复和研究

建国初期,清华大学副校长刘仙洲(已故)曾在《机械工程学报》发表两篇文章,介绍历代的水运浑象和计时仪器[84-85]。1959 年为了中国历史博物馆的开馆,在王振铎先生主持下,复原了一批天文仪器,其中包括放在大门两旁的浑仪和浑象,以及宋代苏颂水运仪象台的模型。水运仪象台的模型虽只有原大的五分之一,但已有 2 米多高[86]。70 年代,陕西天文台从技术发展的角度全面地探讨了古代天文仪器的发展[87],上海天文台对于计时仪器和时刻制度作了较细致的研究[88]。北京天文馆李鉴澄先生对于晷仪的论证也颇有趣味[89];而最有意义的是 1980 年王振铎考证出西汉以前计时器的名称系铜漏或漏卮(音 zhī),而非漏壶,漏壶系西汉以后计时器的名称[90]。

1982 年中国传统工艺技术到北美展出,天文学是其中的重要组成部分。为此,用木材复制了原大的简仪,并由王立兴复原了清代民间仪器陈起元漏壶。此外,近几年来,还发现了西汉时期的三个铜漏:一在河北满城,一在陕西兴平,一在内蒙古伊克昭盟[91]。关于漏壶理论的最新研究则有陈美东的《我国古代漏壶的理论与技术》[92]。

1965 年在江苏仪征县的东汉古墓中,发现了一件折叠式的铜制圭面,它由一件长 19.2 厘米(汉尺 8 寸)的竖“表”和一根长 34.5 厘米(汉尺 15 寸)的“圭”所组成,圭上有刻度,以表示尺寸。平时表可以放倒,和圭合成一把尺子。使用时,在中午把表竖起垂直立于太阳光下,表的影子便投到平放在表北的圭上。利用表影长短的变化,便可测定节气和回归年的长度[93]。

马王堆汉墓帛书《五星占》的发现,不仅对于了解我国早期关于行星的知识提供了重要资料[94],就是对于探讨我国浑仪的起源也有帮助,徐振韬就这方面做了详细论证[95]。刘金沂则认为,在安徽阜阳汝阴侯墓中发现的上下重叠的圆盘,可能就是从圆仪到浑仪的证据[96]。

与仪器有关的是对天文观测场所——古观象台的研究。北京古观象台的修复现已完毕,

并正式对外开放。为了进行这项修复工程，北京天文馆进行了大量的调查研究工作。他们在南京紫金山天文台的明制铜圭表（此器原属北京古观象台）的圭面中部发现了明正统年间所用的量天尺的长度，1尺等于24.525厘米。据伊世同考证，这个长度即经宋元承传下来的隋唐小尺。这样就为考核南北朝以来各代天文仪器的尺寸和天文遗迹的大小提供了一个基本的数字依据[97]。

1974—1975年中国社会科学院考古所发现了东汉时期的国家天文台——灵台的遗址（在今河南省偃师县，当时首都雒[洛]阳的南郊）。台用夯土筑成，现仍高出地面8米多[98]。1975年河南省文管会和登封县文管所修复了我国最早的天文建筑：周公测景台[99]。对于元朝大都（今北京）天文台的原先建筑形式，已有几种复原方案，哪个符合本来面目，尚待进一步考证研究。

九　天文学家和天文学思想的研究

人是认识的主体，研究天文学史不能见物不见人。30多年来，天文史工作者力图用历史唯物主义的观点，对历史上有成就的一些天文学家进行了深入的研究，像张衡、祖冲之、一行、沈括、郭守敬都已有人写了专著[100-104]。此外，还对一些过去不为人们所注意的天文学家，如落下闳[105]、司马迁[106]、曹士蒍[107]、卫朴[108]、王锡阐[109]和王贞仪[110]等，进行了研究和宣传。

在天文学思想方面，1925年在英国出版过一本由德国学者佛尔克（A. Forke）写的《中国人的世界观念》（World-conception of the Chinese），日译本名为《支那自然科学思想史》。此后，国内外很少有人再做系统的研究。解放以后，国内学者则做了大量的工作，对盖天说、浑天说、宣夜说都有人做过专题研究[111-117]，开展了不同意见的争论。更可喜的是打破了解放前只把注意力集中在天文学家和天文著作上的传统观念，对文学、哲学和医学著作中的天文学思想进行了开创性的研究，从屈原《天问》、荀况《天论》、王充《论衡》、刘禹锡《天论》、柳宗元《天对》、张载《正蒙》、邓牧《伯牙琴》，以及《黄帝内经》、《列子·天瑞篇》等著作中，发现了许多有积极意义的遗产[118-121]。

十　天文学起源的探索

1972—1975年在河南郑州大河村遗址出土的彩色陶器碎片上，有太阳、月亮、日晕和星座，它们画得相当整齐美观。例如，有四片太阳纹，经粘对在一起以后，构成两个由辐射和圆圈构成的太阳，根据口沿的弧度和两个圆心之间的夹角为30度，可算出陶钵的口径为30厘米，在钵的肩部一共有12个太阳。在另一个陶器碎片上，日晕是在光芒四射的太阳纹外面，又绘出对称的内向弧形带状图形，弧带外沿也绘着辐射线，弧带皆作圆点状；从两个日晕之间的夹角为90度，可以算出一个陶钵的腹部共画了4个日晕。这些都是大河村第三期文化遗物，是晚期仰韶文化的代表，距今约5 000年左右[122]。

比大河村遗址稍晚（距今约4 500年），属于大汶口文化的器物群中，在山东莒县（1960年出土）和诸诚（1973年出土）的两个陶尊上，都有一个字：[illegible]，尤其是在诸城出现的一个，还涂有朱红的颜色，有人释为“旦”字，可能是对的。《尚书·尧典》：“乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授人时。分命羲仲，宅嵎夷，曰旸谷，寅宾出日，平秩东作。”这段话的意思是说，帝尧时

代已经有了专职的天文官从事观象授时，羲仲在东方隅夷旸谷之地，专司祭祀日出，以利农耕。山东古为东夷之隅，莒县、诸城又处滨海之地，正是在这个地方发现了远古时代祭天的礼器和反映农事、天象的文字，这与《尧典》所载是多么难得的巧合[123]。邵望平和卢央认为，《尚书·尧典》所载羲和之类的专职天文人员的出现，标志着脑力劳动和体力劳动开始分工，人类社会进入了奴隶制时代。在氏族制度下天文知识直接掌握在劳动者之手，直接为生产实践服务，但同时也只能停留在萌芽状态，停留在经验阶段上，只有有了分工以后，专职天文人员才有可能对分散的、零星的天文知识进行搜集整理，并从事长期而系统的天象观测，从而使天文学由孕育状态成长为呱呱坠地的婴儿。恩格斯说："只有奴隶制才使农业和工业之间的更大规模的分工成为可能，从而为古代文化的繁荣，即为希腊文化创造了条件。没有奴隶制，就没有希腊国家，就没有希腊的艺术和科学。"(《马克思恩格斯选集》，第3卷，220页)在中国也是一样[124]。

关于羲和、羲仲是怎样的人，郑文光在他的《中国天文学源流》(1979)一书中有个解释。他认为羲和原为管理太阳的神，后来演变成为管理历法的官员；再后来，为了测定四个方位，又将羲和一分为四：羲仲、羲叔，和仲、和叔。这本书从神话传说、观象授时方法、天空区域、天体测量、历法和仪器的产生、天文学思想的萌芽和中国古代自然哲学的关系等方面，系统地探索了中国天文学初始阶段的历史；尽管其中有些观点还值得商榷，但作者的努力和勇气是令人钦佩的。

从上述不够全面的概括中，已经可以看出，在这33年中，我们所研究的范围是广阔的，所取得的成果是丰硕的。但是，我们不能满足于现状，在国外兴起的考古天文学、与四个现代化结合得更为紧密的现代天文学史的研究，这些几乎还是空白，需要组织力量来填补。在研究方向上，我们还是偏重于文献整理和成就介绍，从方法论的角度总结经验不够，这都有待于进一步提高水平。我们要发扬成绩，克服缺点，在百花齐放，百家争鸣，古为今用，推陈出新等方针的指导下，使天文学史的研究日趋完善，以期在新的历史时期，为社会主义祖国的繁荣昌盛做出更多的贡献。

参 考 文 献

[1] 高鲁.追怀朱贡三先生.宇宙，1940，10(11)

[2] 竺可桢文集.北京：科学出版社，1979.317

[3] 钱宝琮.天文学报，1956，4(2)：193

[4] 刘仙洲.天文学报，1956，4(2)：219

[5] 席泽宗、薄树人.天文学报，1965，13(1)：1

[6] 钱宝琮.历史研究，1960，3：35

[7] 薄树人.科学史集刊：第3辑，1960.35

[8] 严敦杰.科学史集刊：第7辑，1964.8

[9] 严敦杰.科学史集刊：第9辑，1966.77

[10] 席泽宗等.中国科学，1973，16(3)：270；人民日报，1973-07-21；新华月报，1973(7)：194

[11] 陈久金、陈美东.文物.1974(3)：59；·中国天文学史文集.北京：科学出版社，1978.66

[12] 薄树人等.中国天文学史文集.157

[13] 郑文光、席泽宗.中国历史上的宇宙理论.北京：人民出版社，1975.

[14] 中国天文学史整理研究小组编写的三本书籍是：《中国天文学史》，北京：科学出版社，1981；《中国天文学简史》，天津：天津科学技术出版社，1979；《天文史话》，上海：上海科学技术出版社，1981.

[15] 中国天文学史整理研究小组编辑的四本文集是：《中国天文学史文集》，上海：科学出版社，1978；《中国

天文学史文集》(第二集),北京:科学出版社,1981;《科技史文集·天文学史专辑》(1),上海:上海科学技术出版社,1978;(2)上海,上海科学技术出版社,1980.
[16] 何丙郁 1982 年 2 月 13 日给席泽宗的信.
[17] J. Needham and M. Salt, Nature, 16 July 1981, 中译见百科知识. 1981(10):22
[18] Douglas Lin, Science Weekly, 6 November 1981, 631, 中译见百科知识. 1982(1):22
[19] 薄树人. 科技史文集:第 1 辑, 1978. 86;第 3 辑, 1980. 155
[20] 曾次亮. 天文学报, 1956, 4(2):235
[21] 中国科学院自然科学史研究室油印本.
[22] 严敦杰. 科技史文集:第 1 辑, 1978. 1
[23] 李文林, 袁向东. 科技史文集:第 3 辑, 1980. 70
[24] 常正光. 古文字研究论文集. 四川大学学报丛刊, 第 10 辑.
[25] 《古新星新表》苏联于 1957 年译载在《天文学杂志》(А строномический Журнал)第 34 卷 2 期上, 并在《自然》(Природа)上作了报道;美国则是先在"Sky and Telescope"上作了报道, 然后全文译载在 Smithsonian Contribution to Astrophysics, 2, 6, 109, 1958.《中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义》在美国有两种译本, 一在 Science, 154, No. 3749, 1966, 597;一在 NASA TT-F 388, 1966, 为单行本.
[26] G.G.C. 帕伦博等. 天文学报, 1980, 21(4):334
[27] 薄树人等. 科技史文集:第 1 辑. 1978. 79
[28] 薄树人等. 中国天文学史文集, 157
[29] 王德昌. 天文学报, 1977, 18(2):248
[30] 方励之, 沈良照. 科学通报, 1976, 21(1):27
[31] 李启斌. 天文学报, 1978, 19(2):210
[32] K. Imaeda and T. Kiang. Journal for the History of Astronomy. 1980, 11(2):77
[33] P. E. Angerhofer, Archaeoastronomy, 1981, 4(1):23
[34] 朱文鑫. 天文考古录. 上海:商务印书馆, 1933. 80
[35] 程廷芳. 南京大学学报, 1957(4):51
[36] J. A. Eddy. Science. 192, No. 4245, 1189, 1976; Proceedings of the International Symposium on Solar-Terrestrial Physics. 958, 1976; Sky and Telescope. 51, No. 6, 1976, 394; Scientific American. 5, 80, 1977.
[37] 丁有济等. 云南天文台台刊, 1978(1):17
[38] 丁有济, 张筑文. 科学通报, 1978, 23(2):107
[39] 罗葆荣, 李维葆. 科学通报, 1978, 23(6):262
[40] 邹仪新. 北京天文台台刊, 1978(12):87
[41] 徐振韬, 蒋窈窕. 南京大学学报(自然科学版), 1979(2):31
[42] 戴念祖, 陈美东. 科技史文集:第 6 辑, 1980. 69
[43] 吴守贤. 陕西天文台台刊, 1980(2):23
[44] 李致森. 北京天文台台刊, 1979(3):41
[45] 陈久金:1980 年 10 月在中国科学技术史学会成立会上的报告。
[46] 982 年 5 月 5 日《北京晚报》的报道。
[47] 席泽宗. 文物, 1978(2):5;科技史文集:第 1 辑, 1978. 39;马王堆汉墓研究. 长沙:湖南人民出版社, 1979. 198
[48] 张钰哲. 天文学报, 1978, 19(1):109
[49] Hirayama(平山清次), Ogura(小仓伸吉). Proceedings of Physico-Mathematical Society of Japan(Tokyo). 1915(8), 2
[50] W. Hartner. T'oung Pao. 1935(31):188

[51] 能田忠亮.东洋天文学史论丛.东京:恒星社,1943.
[52] 席泽宗.天体物理学报,1981,1(2):85;Proceedings of the 16th International Congress for the History of Science. Bucharest,1981,203.
[53] 刘金沂.自然杂志,1981,4(7):538
[54] 众 仁.自然杂志,1982,5(2):147
[55] 薮内清.现代天文学讲座月报,1982,14(1).
[56] 全和钧等在纪念郭守敬学术讨论会上的报告,1981.
[57] 竺可桢.思想与时代,1944.34;竺可桢文集.234
[58] 钱宝琮.思想与时代,1947.43
[59] 岑仲勉.学原:第 1 卷.1947.5;中山大学学报(社会科学版),1957.1;两周文史论丛.商务印书馆,1958.
[60] 郭沫若.甲骨文字研究.北京:科学出版社,1962.
[61] 夏鼐.考古学报,1976(2):35;考古学和科技史.北京:科学出版社,1979.29
[62] 郑文光.北京天文台台刊,1977(10):48
[63] 潘鼐.中华文史论丛,1979.3
[64] 王健民等.文物,1979(7):40
[65] 上田穰.石氏星经之研究.东洋文库论丛(第 12 册).东京.1930.
[66] 席泽宗.天文学报,1956,4(2):212
[67] 薮内清.东方学报(京都),1959(30):1;中国之天文历法.东京:平凡社,1969.
[68] 安徽省文物工作队等.文物,1978(8):12;严敦杰.考古,1978(5):334
[69] 夏鼐.考古,1965(2):80;考古学和科技史,51 页.
[70] 王车,陈徐.文物,1974(12):56
[71] 席泽宗.文物,1966(3):27
[72] 夏鼐.中国科技史探索.李约瑟博士八十寿辰纪念文集.上海:上海古籍出版社,1982.
[73] 伊世同.考古,1975(3):153
[74] 河北省文物管理处、河北省博物馆.文物,1975(8):40
[75] 中国大百科全书:天文学.北京:中国大百科全书出版社,1980.17
[76] 中国科学院紫金山天文台古天文组,常熟县文管会.文物,1978(7):68;车一雄,王德昌.中国天文学史文集.178.
[77] 福建省莆田县文化馆.文物,1978(7):74
[78] 潘鼐.考古学报,1976(1):47
[79] 杜升云在成都天文学成果交流会上的报告,1980.
[80] 潘鼐、王德昌.天文学报,1981,22(2):107
[81] 陕西天文台天文史组.天文学报,1976,17(2):209
[82] 厉国青等.天文学报,1977,18(1):129
[83] 航海天文调查小组.北京天文台台刊,1977(11):47;华南师范学院学报,1977.
[84] 刘仙洲.机械工程学报,1953,1:1
[85] 刘仙洲.机械工程学报,1954,2:1
[86] 王振铎.文物参考资料,1958(9):5
[87] 陕西天文台天文史小组.中国历代天文仪器概述.油印本,1975.
[88] 阎林山,金和钧.科技史文集:第 6 辑.1980.1
[89] 李鉴澄.科技史文集:第 1 辑.1978.31
[90] 王振铎.中国历史博物馆馆刊,1980(2):116
[91] 满城的见《满城汉墓》,78 页,1978 年;兴平的见《考古》,1978 年第 1 期,70 页;伊盟的见《考古》,1978

年第 5 期,317 页。
[92] 陈美东.自然科学史研究.1982,1(1):21
[93] 南京博物院.考古,1977(6):407
[94] 席泽宗.中国天文学史文集.14;马王堆汉墓研究.181
[95] 徐振韬.中国天文学史文集.34
[96] 刘金沂在厦门天文学史研究成果交流会上的报告,1979 年.
[97] 伊世同.文物,1978(2):10
[98] 中国社会科学院考古所洛阳工作队.考古,1978(1):54
[99] 张家泰.考古,1976(2):95;中国天文学史文集.229
[100] 赖家度.张衡.上海:上海人民出版社,1979.
[101] 李迪.祖冲之.上海:上海人民出版社,1977.
[102] 李迪.唐代天文学家张遂(一行).上海:上海人民出版社,1964.
[103] 张家驹.沈括.1978.
[104] 李迪.郭守敬.1966;潘鼐,向英.郭守敬.1980.
[105] 鲁子健.四川省哲学社会科学研究所.资料.1977(3):34
[106] 薄树人.自然杂志,1981,4(9):685
[107] 周济.厦门大学学报,1979(1):126;历史学,1979(6):89
[108] 天文参考资料.1974(3):8;1974-10-23 文汇报.
[109] 席泽宗.科学史集刊:第 6 辑.1963.53
[110] 戚志芬.光明日报,1960-03-09
[111] 钱宝琮.科学史集刊:第 1 辑.1958.29
[112] 席泽宗.天文学报,1960,8(1):80
[113] 唐如川.科学史集刊:第 4 辑.1962.47
[114] 郑文光.科学通报,1976,21(6):265;中国天文学史文集.118
[115] 陈久金.科技史文集:第 1 辑.1978.59
[116] 席泽宗.自然辩证法杂志,1975(10):70
[117] 郑文光.科技史文集:第 1 辑,1978.44
[118] 邓文宽.科技史文集.1980(6):14
[119] 谭家健.河南师大学报(社会科学版),1979(5):69
[120] 卢央.自然辩证法学术研究,1980(8):29
[121] 郑延祖.中国科学,1976,19(1):111
[122] 郑州市博物馆发掘组.河南文博通讯,1978(1):44
[123] 邵望平.文物,1978(9):74
[124] 邵望平,卢央.中国天文学史文集.1981(2):1

〔原刊《天问》(中国天文学史研究),
南京,江苏科技出版社,1984〕

New Archaeoastronomical Discoveries in China

China is one of the earliest civilizations in the world to have developed an advanced astronomy. In China's nearly four thousand years of accumulated reliable written records, the continual discoveries, inventions and record keeping in this field constitute a precious wealth of data for all people. Even the sources only preserved in the Twenty-four Histories have been enough to attract the attention of scholars both in China and abroad. Some remarkable results have been achieved when we study modern astronomical problems with these data. For example, astronomers around the world are all busy greeting Halley's comet. On an average, Halley's comet returns to the neighborhood of the sun once every seventy-six years. This time it will pass through perihelion on 9 February 1986 and about this moment it will be at its brightest. The last time it reached perihelion was in 1910. From then back to 204 B.C. it has had a total of twenty-nine returns. China is the only country with records for every appearance.

In the 19th century, based on these records, J.R. Hind[1] discovered that the longitude of the node tended to decrease. It was 170 degrees in the Han Dynasty and decreased to 162 degrees by the middle of the 19th century. In 1972, Brady [2] of the University of California found in an analysis of records for 21 returns, from A.D. 295 to 1835, that the time of perihelion passage was changing with a period of 500 years. He deduced that an unknown planet existed in the solar system. He also predicted its orbital elements and position ($p = 464$ years, $m = 13$ or 14, in Cassiopeia). It is a pity that his prediction has not been confirmed by observation. Neither the Royal Greenwich Observatory of Britain nor the Lick Observatory in America have found it. Then another two scientists of the University of California, Goldreich and Ward [3], suggested that the variation of the orbit was due to the reaction of the jetting of matter from the cometary nucleus when the comet passed through its perihelion, rather than a perturbation from a tenth planet. At the same time the Chinese astronomer T. Kiang [4] in Ireland and before long Zhang Yuzhe [5] of Purple Mountain Observatory in China examined the related historical materials. The former verified the existence of non-gravitational effects; the latter attributed the orbital change to either a planet beyond Pluto or a comet cloud with a total mass comparable to that of the earth, at a distance of 50 Astronomical Units from the sun. Zhang also suggested that there might be the action of some perturbational factors such as non-gravitational effects.

The above mentioned is only one example. China's astronomical data are very abundant and now play some part in the resolution of modern astronomical problems. Additional examples have been given by the author [6]. In the present study, we focus only on the remarkable manuscripts, artifacts and iconographic materials related to astronomy discovered in archaeological excavations in China within the last

decade (1973—1983). These new discoveries have greatly enriched the content of China's astronomy. Some of them may make up for deficiencies and contribute to the revision of mistakes in documents handed down from ancient times; some are the documents or ancient books lost long ago and only recently discovered. We will discuss the new sources in six sections as follows.

Neolithic Astronomical Drawings

Among all the celestial bodies, the sun and the moon were understood earliest by mankind. We have gained ample evidence for this point from some painted pottery shards unearthed at the **Dahe Village excavations** [7] in Zhengzhou, Henan between 1972 and 1975. At the Dahe Village excavations, we unearthed more shards of moon design and collected one complete vessel. The moon pattern is two opposite crescent moons with a dot in the center (Fig. 1). Around the shoulder of a pot are three sets of moon patterns. There might be doubts about whether the designs and patterns refer to the moon; but there **can be no doubt about the descri** tions of the sun. There are twelve shards with a solar design. According to their character, they may be divided into three classes, designated A, B, and C. Four shards of class A, once glued back together, can form two round suns surrounded by rays (Fig. 2). Since the angle of the arc between the centers of the two adjacent suns is 30 degrees, we can infer that the diameter of the vessel was 30 centimeters and that there were twelve suns around its shoulder (Fig. 3). There is only one member of class B — a solar design constituted of a red dot surrounded by brown rays (Fig. 4). Five shards belong to class C. Two of them can be glued back together to form two solar designs consisting of a dot, a circle and rays (Fig. 5). In accordance with the angle of the arc between the centers of two adjacent suns, it can be inferred that the diameter of the vessel was 15 centimeters and the abdomen of the vessel has twelve solar designs. The vessels and solar designs of class A are quite different from class C, but in both there are twelve painted solar designs , perhaps not by chance . It is possible that , at that time , people might have

Fig. 1 Moon pattern

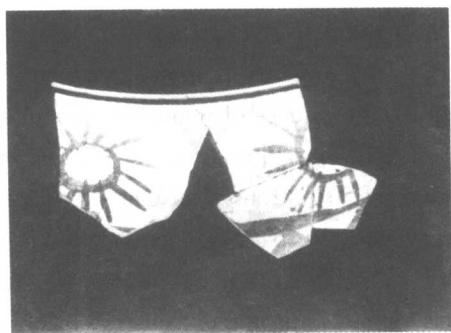



Fig. 2 Solar design Class A

Fig. 5 Solar design Class C

Fig. 3 The restored pottery with solar design Class A

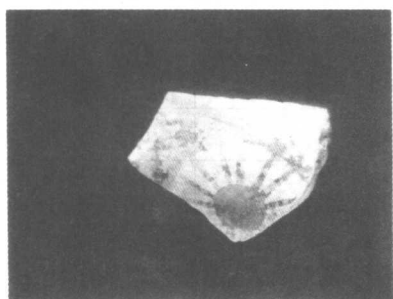
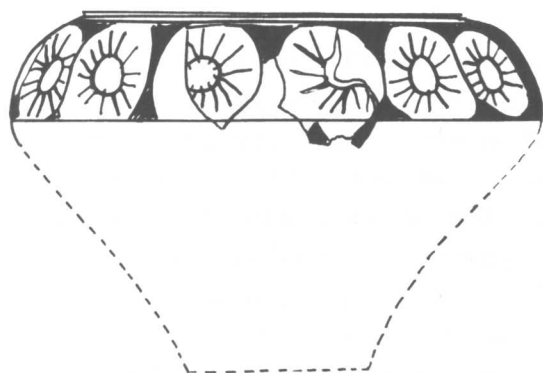



Fig. 4 Solar design Class B

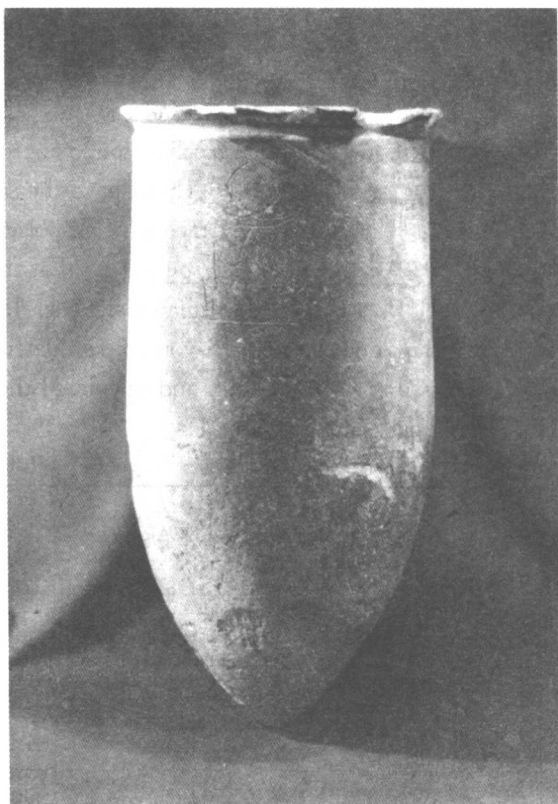



Fig. 6 Wine jar with a graph of sunrise

been conscious that the sun and the moon meet 12 times a year and that there came into use the observance of 12 months in a year.

Two zun (wine jars) belonging to the slightly later Dawenkou cultural complex (about 4 500 years ago) have been unearthed: one in Ju county, Shandong, in 1960, and one in Zhucheng, Shandong, in 1973, both bearing the unique graph (Fig. 6). The one found at Zhucheng was smudged with reddish pigment. Someone interpreted the graph as the origin of the Chinese word "dan" (dawn), which may be correct [8].

It is more interesting that, on the surface of painted pottery jars unearthed in 1976 at two places of Qinghai Province, the shining sun and the plants were painted together (Fig. 7). It shows that during the Xindian culture period, i.e., 3 000 years ago, mankind might have understood that when moistened by rain and dew, seedlings of cereal crops become strong and that all living things depend on the sun for their growth [9].

Solar and Lunar Eclipses in Inscriptions on Oracle Bones

China's recorded history began at the time of Emperor Pangeng of the Shang Dynasty in the 14th century B.C. In 1898 in Anyang County, Henan, some tortoise shells and ox bones were found, on which ancient characters were engraved. Since then we have organized a succession of excavations. On one of these, in 1972, we obtained about 5 000 pieces of oracle bones, on one of which "月又戠" (Yue-you-zhi) was engraved (Fig. 8). It is this discovery that solves a long argued problem: whether the "日又戠" (Ri-you-zhi) are solar eclipses or sunspots. Because there are no transient spots on the surface of the moon, someone considered that it was certain that Yue-you-zhi represented lunar eclipses, and therefore Ri-you-zhi meant solar eclipses. Moreover, the word "戠" (Zhi) and "食" (Shi) have the same pronunciation. Based on this understanding, Zhang Peiyu [10] inferred, by means of Oppolzer's [11] *Canon of Eclipses* and P. V. Neugebauer's[12] *Astronomische Chronologie*, that this Yue-you-zhi was a lunar eclipse which occured on July 2, 1173 B.C. of the Julian Calendar. In addition to that, Zhang collected five clauses of Ri-you-zhi and one clause of Ri-you-shi, all dated in Ganzhi (a sexagenary cycle) in the unearthed oracle bones up to the present, and calculated the dates on which the six solar eclipses took place. His results are found in Table 1.

Table 1

RECORDS	JULIAN CALENDAR	PHASE	VISIBLE SITUATION AT ANYANG			
			DEGREE	1ST CONTACT	MIDDLE	4TH CONTACT
1. Ri-you-zhi divined on Gengchen (17) day	B.C. 1198,10,21	annular	0.8	$15^{h}.8$	$17^{h}.0$	$18^{h}.1$
2. Ri-you-zhi divined on Renzi (49) day	B.C. 1177,4,5	partial	0.23	–	6.0	6.6
3. Ri-xi-you-shi divined on Guiyou (10) day	B.C. 1176,8,19	total	0.79	16.2	17.2	18.3
4. Ri-you-zhi divined on Xinsi (18) day	B.C. 1172,6,7	annular	0.82	4.8	5.7	6.7
5. Ri-you-zhi divined on Wushen (45) day	B.C. 1161,5,7	total	0.13	7.1	7.5	8.3
6. Ri-you-zhi divined on Yisi (42) day	B.C. 1161,10,31	annular	0.93	6.7	7.9	9.1

Fig. 7 Pottery jar with designs for sun and plants

Fig. 9 "Prognostications of Five Planets" written on silk

Fig. 8 Oracle bone with engraving of lunar eclipse

If Zhang's results are correct, the six records are about four hundred years earlier than the supposed earliest one recorded by the Babylonians, and the five records of lunar eclipses on oracle bones (B.C. 1131, 1282, 1279, 1278, 1173) are also more than four hundred years earlier than the supposed earliest records of ancient Egypt.

The Knowledge of Planets and Comets in the Silk Manuscripts at Mawangdui

At the end of 1973, a group of silk manuscripts was discovered in the Han Period Tomb No. 3 at Mawangdui in Changsha, Hunan. Their content related to astronomy comprises two parts, *Prognostications of the Five Planets* and a *Chart of Divination by the Stars and the Clouds*. The former had about eight thousand words in all and was composed of nine chapters. The revised text was published in the Collection of Papers for the History of Chinese Astronomy, 1978.[13] The first six chapters were a text of divination by planets, in which some of the astronomical books written by Gan De and Shi Shen in the 4th century B.C. are preserved—most of them Gan De's. The last three parts listed the positions of Jupiter, Saturn and Venus, year by year, from 246 to 117 B.C. and described the moving state of the three planets during a synodic period. It shows that, at the time, people had already connected the research on the movements of planets with the calculation of their positions by means of the formula that the product of speed and time is distance. We find that the synodic period of Venus recorded was 584.4 days, only 0.48 days longer than the present value of 583.92 days; the synodic period of Saturn was 377 days, only 1.09 days fewer than the datum measured now; its sidereal period was 30 years, which is 0.54 years longer than today's value of 29.46 years; the synodic period of Jupiter was 395.44 days, which is 3.44 days less than the present value of 398.88 days. Since Han Tomb No. 3 at Mawangdui was buried in 168 B.C., and celestial phenomena were recorded until 177 B.C., we can infer that the silk manuscript was written in about 170 B.C. Though it is nearly 30 years earlier than the astronomical chapter of *Huainanzi* [14] as well as 90 years earlier than the astronomical chapter of *Shiji* [15], these data are far more precise than those two later sources (Fig. 9).

In the *Chart of Divination by the Stars and the Clouds* [16] there were 250 patterns; under each one was a short divinational text of a few words. These patterns contain the following types:

1. Clouds (painted in terms of the shapes of animals, plants and vessels);

2. Gasses: (a) mirages, (b) haloes: solar halo and lunar aureole, and incomplete halo, "T", (c) rainbow;

3. Stars: (a) star (Big Dipper and Scorpius), (b) lunar occultation (only three);

4. Comets: There were 29 cometary patterns of various shapes between the Big Dipper and Scorpius (Fig. 10). The bright comets visible to the naked eye usually contain three parts: the cometary nucleus, coma and tail. The complex of a cometary nucleus and coma is called the cometary head. Every drawing of comets in the silk manuscript contains a head and a tail. In the manuscript some of the cometary heads are represented by a small circle and a dot in its center. It shows that people might have observed the small cometary nucleus in the center of the coma at that time. In the Annotation of Wen Ying in the Biography of Emperor Wen in the book

Han shu[17], comets were divided into three types based on the shape of their tails. They were Boxing (comet with a short tail), Huixing (comet with a longer tail) and Changxing (comet with a long tail). This classification is similar to that of modern astronomy. The discovery of cometary patterns in the silk manuscript provided substantial evidence for this classification, so we can consider these drawings one of the most valuable sources of data about the nature of comets from the period before the invention of the telescope.

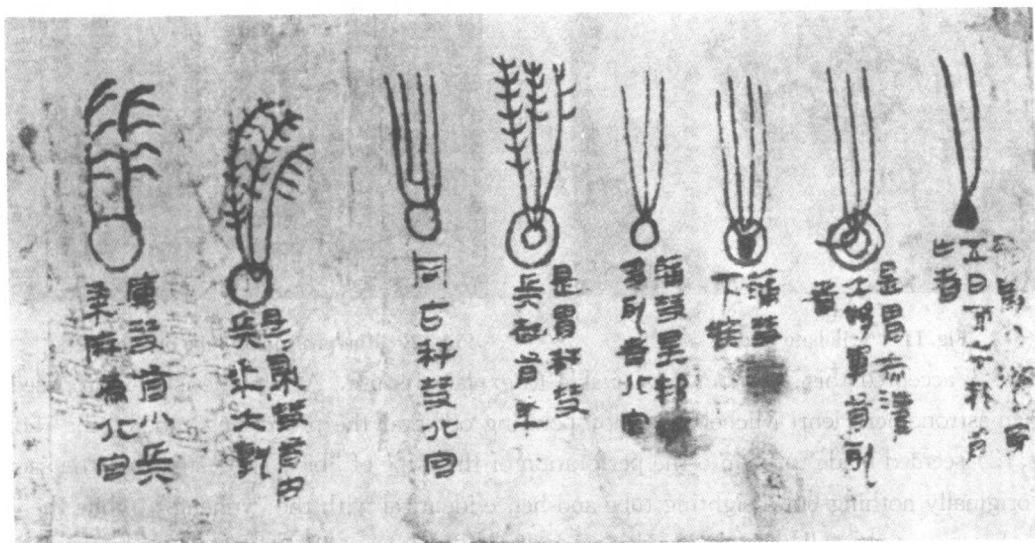



Fig. 10 Cometary patterns drawn on silk

Identification of Astronomical Instruments by Unearthed Objects

What should be introduced in this respect is that, according to the investigation of the jade objects unearthed in recent years, Xia Nai[18] denied that the jade disks with notches are the same as "xuanji" in the "shundian" chapter of *Shujing* (Historical Classic). The *Shundian*, written circa the 5th century B. C., said that "(Emperor Shun) examined the 'xuanji' and the 'yuheng' in order to bring into accord the different cyclical periods of the Seven Regulators". Many scholars thought that this sentence involved astronomical meaning, but the original implication of the terms "xuanji" and "yuheng" was already lost. As early as the Han Dynasty, there was a division of opinion as to whether it referred to an astronomical instrument or a constellation. Wu Daizheng[19] in his book *Investigation of Ancient Jade Objects* (1889) declared that a jade bi-disc collected by him might be the "xuanji". This specimen is a flat disc with a large perforation in the center. The outer edge of the disc is very curiously carved, being divided into three sections of equal length, each beginning with a salient projection and a sharp indentation, and continuing with a series of six teeth of variable shape until a plane circumference intervenes before the next set of graduations (Fig. 11). This type of jade disc may be called a trilobate bi-disc. Wu regarded it as a part of the astronomical instrument " xuanji " . In 1912 , American scholar Berthold

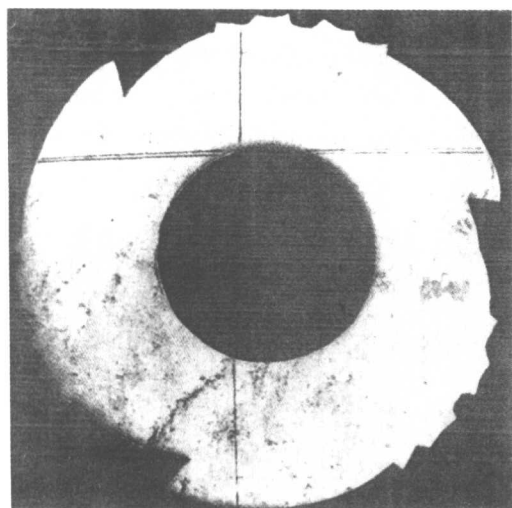
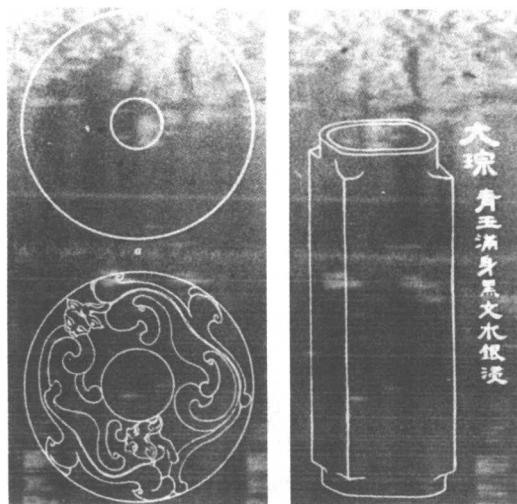



Fig. 11 Trilobate bi-disc **Fig. 12 The protruding tube of "zong"**

Laufer [20] accepted this view but was unable to explain its use. A hypothesis was proposed by Belgian astronomer Henri Michel [21] who, pointing out that the protruding tube of the "zong" (Fig. 12) seemed made to fit into the perforation of this type of "bi", suggested that the "zong" was originally nothing but a sighting tube and hence identical with the "yuheng", while the "bi" was what we might call the circumpolar constellation template. He moreover explained how to carry out astronomical observations by means of both the template and the sighting tube. But in 1983, the young English historian of science Christopher Cullen with Anne S. L. Farrer [22] re-examined the work of Michel and concluded that the template could not be used for astronomical observation at all and Michel's investigation was only an exercise in misplaced ingenuity. At the same time Xia Nai[23] proved in the light of its evolution that the trilobate "bi" was a kind of ornament placed near or beside the head of a dead body, with a ritual meaning and ceremonial purposes; having never been put together with the sighting-tube before. They were by no means astronomical instruments and could not be called "xuanji".

Similar to the work of Xia Nai and Christopher Cullen, Wang Zhenduo[24] pointed out in his 1980 paper that the popular name "Louhu" (leaking kettle) for a clepsydra or water clock in China came into being only after the Han Dynasty. Before that time it was called "Tonglou" (bronze leaking) or "Lonzhi" (leaking vessel), because the shape of three bronze clepsydras, discovered from Western Han tombs in Hebei, Shanxi and Inner Mongolia, is a cylinder with three feet and looks like the Chinese ancient wine vessel "Zhi"; but the form of the ancient kettle is similar to "paogua" (Lagenaria Siceraria var. Depressa), which is characterized by a small mouth, long neck, big abdomen and small bottom, and is quite different from a clepsydra. Moreover, there was a carved epigraph "tonglou" of Qianzhang (name of a place) on the clepsydra discovered in Inner Mongolia in 1976. It further supports Wang's opinion. Combining these discoveries with the record of "Louzhi" in the books *Huainanzi* as well as *Yantielun*, we now can conclude that the evolution of the clepsydra's name in China is louzhi to tonglou to louhu (Figures 13, 14, 16).

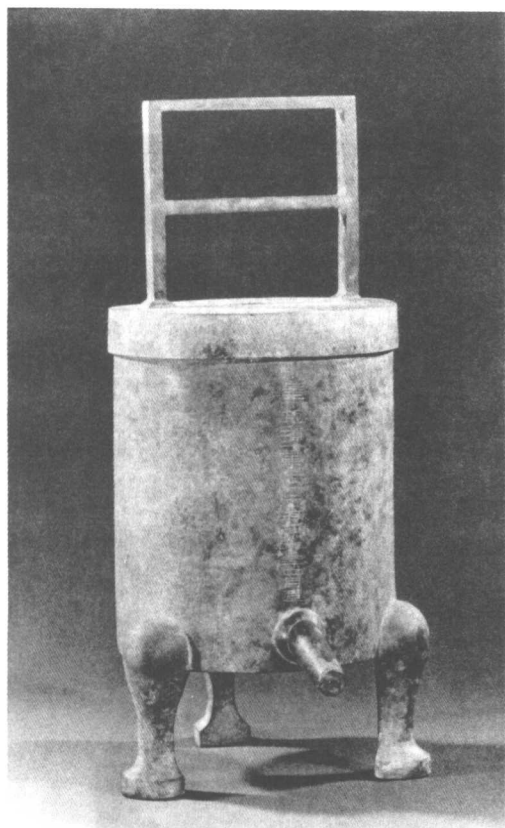



Fig. 13 Bronze leaking(kettle) "tonglou"

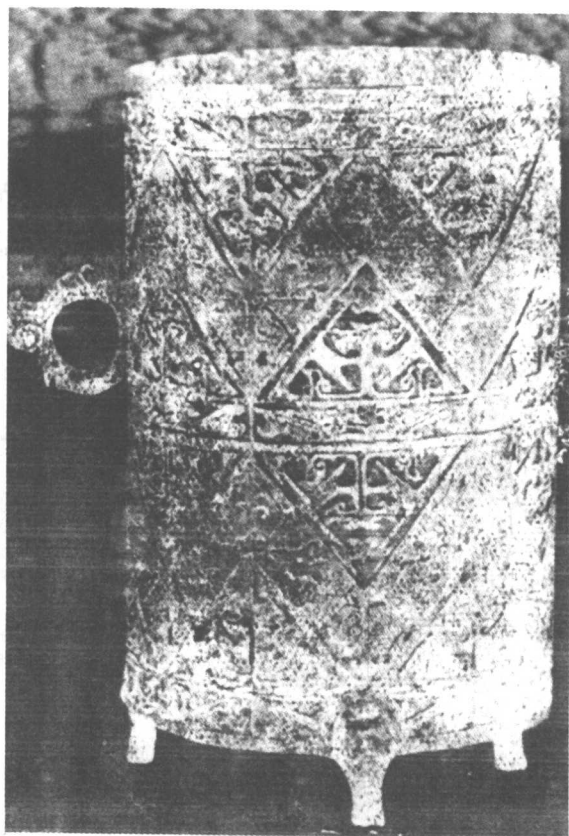



Fig. 14 Chinese ancient wine vessel "zhi"

Fig. 15 Twenty-eight lunar lodges

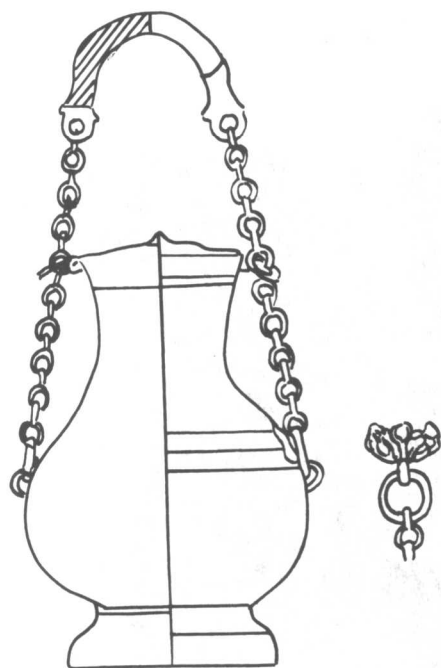



Fig. 16 Kettle

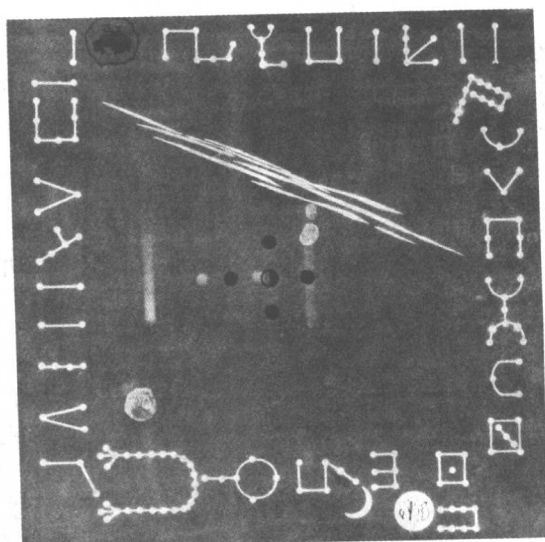



Fig. 18 Star map from Turfan tomb

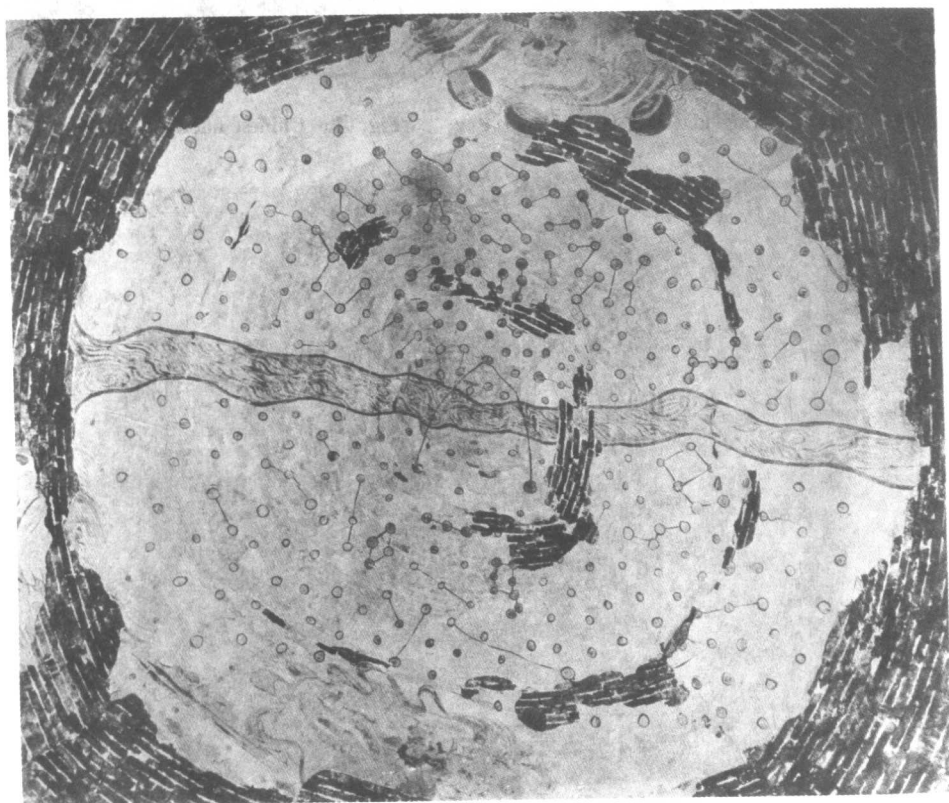



Fig. 17 Star map in Luoyang tomb

Star Maps in Tombs

In the last decade, the most common archaeoastronomical discoveries are star maps. The important ones are as follows:

1. The picture on the cover of a box from the tomb of the Marquess Yi of Zeng[25], who died in 433 B.C., bears the names of all of the twenty-eight Lunar Lodges[26] (Fig. 15). This discovery pushes back by nearly two centuries the earliest verifiable documentary record of the names of all twenty-eight Lunar Lodges. Prior to this discovery, the earliest reference was believed to have been the notice in the "Youshi Lan" chapter of the *Lüshi Chunqiu* [27] dated 239 B. C.

2. The star map in the Luoyang tomb of Yuan Yi, who died in A. D. 526, is rather large and colored [28]. There are more than 300 stars painted on it and some of them are joined by a straight line to form constellations. With the Milky Way crossing the middle part from north to south, the star map looks magnificent (Fig. 17).

3. The Tang Dynasty star map from a tomb at Astana, Turfan, Xinjing, was painted on the ceiling of the tomb and on the upper part of its walls [29]. On the former, a bunch of white lines represented the Milky Way, and over the latter the 28 Lunar Lodges were painted. In addition to the Milky Way and the stars, there is a red sun in the northeast, a white moon in the southwest, a golden crow in the sun, and a jade rabbit and a laurel in the moon. The knowledge of the stars and the legends and myths about the sun and moon represented by this map are the same as that of the Central Plains (Fig. 18).

4. The two star maps carved on stone in the tombs of Qian Yuanguan (died in A. D. 941) and his second wife (died in 952) at Hangzhou are the most ancient in China [30]. They are nearly 300 years earlier than the Suzhou planisphere of A. D. 1247, which is well known the world over. On each of the two Hangzhou star maps are carved about 180 stars, including the circumpolar stars and 28 Lunar Lodges. Although the number of stars on these maps is not large, their places on the maps are rather accurately carved (Fig. 19).

5. The star map on the ceiling of the Liao (947—1125) tomb (A. D. 1116) at Xuanhua, Hebei, is colored [31]. There is a bronze mirror inlaid at the center, around which is painted a lotus flower. Outside the lotus are distributed 28 Lunar Lodges, Nine Luminaries and twelve zodiacal signs (Fig. 20). The system of the zodiac originated in Babylonia and was further perfected in the Greco-Egyptian region during the Hellenistic period (circa the 2nd century B. C.). It was introduced through India into China. The Nine Luminaries include the sun, moon, the five bright planets, Rahu and Ketu. The idea of Rahu and Ketu originated in India. The former represented the ascending lunar node, the latter the descending node. This map therefore combined Chinese and Western astronomy together and can be considered as a demonstration of international cultural diffusion.

New Finds Related to the Calendar

Beginning with the Taichu Calendar of 104 B. C., detailed records of calendrical methods are recorded in the Twenty-four Histories. Prior to that, the material is scattered and fragmentary. In

Fig. 19 Star map in Hangzhou tomb

Fig. 21 Almanac of 134 B.C. written on bamboo

Fig. 20 Star map on the ceiling of Xuanhua tomb

1974 the earliest extant complete almanac in China was unearthed from a Han tomb at Linyi, Shandong [32] (Fig. 21).

This almanac pertains to the year 134 B.C. and shows that it began with the tenth month and the last month was the subsequent ninth month, i.e., this year consisted of 13 months. This fact coincides with the record in *Shiji* (Historical Records) which says that after China was unified by the First Emperor of Qin in 221 B.C., a new calendar was accepted, the rule of which was to take the tenth lunar month as the beginning of a year and put the intercalary month at the end of it. In addition to having the Gangzhi (heavenly stems and earthly branches) name of each day, the almanac indicated the date of the winter solstice, the beginning of spring, the summer solstice and the beginning of autumn. Calculation based on this material and the data concerning the six ancient calendars left in the book *Kai Yuan Zhan Jing* [33], shows that the calendar used at that time was Zhuanxuli rather than Yinli, so we have now settled a question debated for a thousand years from the Song Dynasty.

The above mentioned are not all of the discoveries within the last decade, but from them we have seen the important role of new archaeological finds in the study of the history of astronomy[34]. Historians of science should be concerned about the development of archaeological excavation and should cooperate with archaeologists to further the scholarly achievements of both disciplines.

This article is an edited and augmented version of a paper delivered at the 150th Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science, 24 – 29 May 1984, in New York.

References

[1] Hind, J.R. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 10,1850,51

[2] Brady, Joseph L. The Effect of a Trans-Plutonian Planet on Halley's Comet. Publications of the Astronomical Society of the Pacific 84(498).1972,April:314 – 322

[3] Goldreich, Peter and William R. Ward. The Case Against Planet X. Publications of the Astronomical Society of the Pacific 84(501).1972, October:737 – 742

[4] Kiang, T. Memoires of the Royal Astronomical Society 76.1972,27

[5] Zhang Yuzhe. The Tendency in Orbital Evolution of Halley's Comet and Its Ancient History. Tianwen Xuebao. 1978, 19 (1):109 – 118

[6] Xi Zezong. Proceedings of the Academia Sinica: Max Planck Society Workshop on High Energy Astrophysics. Yang Jian and Zhu Cisheng, eds. Science Press, Beijing,158 – 169

[7] Zhenzhou City Museum Excavation Group. A Talk on Astronomical Patterns on Painted Pottery Unearthed at the Dahe Village Ruins in Zhenzhou. Henan Wenbo Tongxun. 1978(1):44 – 47

[8] Shao Wangping. Wenwu. 1978(9):74 – 76

[9] Zhang Jiatai. A Preliminary Study of the Meaning of Neolithic Solaı Drawings. Paper presented to the Second Congress of the Chinese Society of History of Science and Technology, Xian.

[10] Zhang Peiyu. A Study of the Solar and Lunar Eclipses in Scripts on Tortoise Shells or Ox Bones. Tianwen Xuebao. 1975, 16 (2):210 – 224

[11] Oppolzer, Theodor Ritter von. Canon of Eclipses. Owen Gingerich, trans. (Originally published in Vienna 1887), Dover Publications, New York, 1962.

[12] Neugebauer, P. V. Astronomische Chronologie. Berlin and Leipzig, 1929.
[13] Xi Zezong. An Important Discovery for the History of Chinese Astronomy: The Silk Document Known as "Wuxingzhan"(Prognostications of the Five Planets) from the Han Tomb at Mawangdui. Zhongguo Tianwenxueshi Wenji. (Collection of Papers for the History of Chinese Astronomy). Science Press, Beijing, 1978. 14-33
[14] Huainanzi (The Book of Huai Nan) written by the group of scholars gathered by Lin An, Prince of Huai Nan in c. 120 B.C.
[15] Shiji (Historical Records) written by Sima Qian in c. 90 B. C.
[16] Xi Zezong. The Illustrated Chart of Comets Found Among the Han Silk Manuscripts at Mawangdui. Wenwu. 1978(2):5-9
[17] Hanshu (History of the Han Dynasty) written by Ban Gu in the first century A.D.
[18] Xia Nai. Is "Xuanji" an Astronomical Instrument? Paper Presented to the Second International Conference on the History of Chinese Science, Hong Kong.
[19] Wu Daizheng. Guyutukao (Investigation of Ancient Jade Objects). Beijing, reprinted 1919.
[20] Laufer, Berthold. Jade: A Study in Chinese Archaeology and Religion. Field Museum of Natural History Anthropology Series, Chicago, 1912.
[21] Michel, Henri. Les Jades Astronomiques: Une Hypothése sur leur Usage. Bulletin des Musees Royeux d'Art et d'Histoire. 1947(1-3). Brussels.
[22] Cullen, Christopher and Ann S. L. Farrer. On the term hsüan chi and the flanged trilobate jade discs. Bulletin of the School of Oriental and African Studies vol. XLVI, pt. 1. 1983. 52-76
[23] Xia Nai. Is "Xuanji" an Astronomical Instrument? Paper Presented to the Second International Conference on the History of Chinese Science, Hong Kong.
[24] Wang Zhenduo. Discovery of the Clepsydra of the Former Han Dynasty and Its Relative Problems. Zhongguo Lishi Bowuguan Guankan. 1980(2):116-125
[25] Wang Jianmin, et al. On a Vessel Inscribed with 28 Lunar Lodges, Found in the Tomb of Marquess Yi of Zeng. Wenwu. 1979(7):40-45
[26] To note the position of the moon, ancient Chinese astronomers expressed the right ascension in a particular "lunar lodge," one of 28 unequal zones each running north-south around the sky.
[27] Lushi Chunqiu (Master Lu's Spring and Autumn Annals) written by the group of scholars gathered by Lü Buwei in 239 B.C.
[28] Wang Che and Chen Xu. The Celestial Map from the North Wei Tomb of Yuanyi at Luoyang. Wenwu. 1974(12):50-60
[29] Xinjing Museum. A Brief Report on the Excavation of a Group of Ancient Tombs in Turfan. Wenwu. 1973 (10).
[30] Yi Shitong. Notes on the Stone-relief Star Map Found in a Wuyue Tomb in Hangzhou. Kaogu. 1975(3): 153-157
[31] Hebei Cultural Properties & Hebei Provincial Museum. The Liao Star Map. Wenwu. 1975(8):40-44
[32] Chen Jiujin and Chen Meidong. A Preliminary Investigation of the Archaic Han Calendar Unearthed at Linyi. Wenwu. 1974(3): 59-66
[33] Kai Yuan Zhan Jing (The Kaiyuan Reign-Period Treatise on Astrology) written by Qutan Xida in A. D. 729.
[34] Institute of Archaeology. Zhongguo Tianwen Wenwu Tuji (An Album of Relics and Documents Connected with Astronomy), Beijing.

[This paper was published in *Archaeoastronomy* (USA), Vol. 7(1-4), 1984]

New Advance of Chinese Studies in the History of Astronomy Since July 1982 to October 1985*

Within the last over three years, the studies in the history of Chinese astronomy have been being active in China . The main characteristics of it are that symposia frequently take place here as well as rich and colorful monographs are published.

The Symposium in Memory of the 100th Anniversary of Li Shanlan's Death held in November 1982 in Hangzhou, the Second Congress of Chinese Society of Science and Technology in October 1983 in Xi'an, the Symposium in Memory of the 350th Anniversary of Xu Guangqi's Death in November 1983 in Shanghai, the Third International Conference on the History of Chinese Science in August 1984 in Beijing and the Meeting on the History of Chinese Geography in November 1984 in Guilin—all of these involved a section of the history of Chinese astronomy. Besides, there was a symposium on astronomy and calendar science of Chinese minority nationalities held in April 1985 in Kunming , which was specially devoted to the astronomical history of minority nationalities. All these conferences provided the favourable conditions for scholars and specialists to exchange their research results , to unfold academic discussions and further to make a thorough investigation on the history of Chinese astronomy.

According to incomplete statistics, there are two books published. The one is *the History of Chinese Astronomy* Volume 3 by Chen Zungui , which makes a comparatively complete discussion about ancient calendars and records of celestial phenomena. The other is *Astronomical History of Yi Nationality* by Chen Jiujin, Lu Yang and Liu Yaohan, which is the first monograph on astronomical history of minority nationalities. In this book the authors completely and systematically describes Yi nationalistic astronomy, calendar, world view and so on . Moreover, they discover a new significant calendar that a year consists of 10 months and a month of 36 days in the southwest China where lives Yi nationality. In addition, there are four collections of essays on astronomical history published and they are as follows: *Lu Zifang's essays on the History of Chinese Science and Technology* volume 1, edited by a Group of Sichuan Branch of Academia Sinica; *Tian Wen* series 1, edited by Zhang Yuzhe in chief; *Collected essays on the History of Science and Technology*, the special series on the history of astronomy, series 3; and *Essays on the History of Chinese Astronomy* series 3, edited by Bo Shuren and Liu Jinyi. There are 55 papers in these collections all

---

* This paper was written in co-operation with Chen Meidong.

together . Besides, about 65 papers have been separately published in *Studies in the History of Natural Sciences* and other scientific journals. So the sum total of papers published is 120, of which researches on calendar forms 40 per cent; studies in the history of instruments and observatories forms 23 per cent; collation and investigation of the records of celestial phenomena forms 12 per cent; the rest 25 per cent deals with star catalogues, astronomers, astromonical thought, archaeo-astronomy, reviews on the researches of astronomical history, etc. this statistics roughly reflects the emphases and trends in Chinese studies in the history of astronomy within the last over three years.

As regards the studies of calendars , the considerable progress both in range and depths have been made . Some historical materials were explored, and some new viewpoints were represented and clarified. The objects of studies included the official orthodox calendars, the folk little calendars of Han and minority nationalities (Yi, Zang, Tai, and other nationalities). The content of studies was rather extentsive, which dealed with astronomical data and tables, eclipses, solar shadow lengths , time showed by clepsydra, the calculation methods of the positions of the sun , the moon, and the five planets as well, the mathematical methods related to calendars and other topics. In these studies, we have gained the following important achievements: it was discovered that the book *Xia Xiao Zheng* contained a 10-months solar calendar like that of Yi nationality[1]; the calendar of Western Zhou and Northen Qi dynasties and the Linde calendar of Tang dynasty were more thoroughly investigated[2]; the study of the calculation methods of planetary positions were strengthend[3]; the application of the third difference interpolation of the Tang dynasty was discussed[4]; the researches of Kepler's equation in Qing dynasty was also studied[5]. Besides, quantification is a quite outstanding characteristic of these studies. It is a typical example in this respect that a lot of astronomical data and tables were further investigated[6].

The studies of astronomical instruments possesses similar characteristics to that of calendars . Whether the researches on the official traditional instruments such as clepsydra, armillary sphere and gnomon[7] or on the apparatuses of Han folk[8] and minority nationalities[9] and those preserved in the Palace Museum[10] have advanced. The experts responsible for such work not only made general description of the shape and the construction for the instruments they studied , but also concentrated their efforts on discussion about these instrumental precision. The quantitative conclusions were made either with imitation of the methods of ancient measurements, or through theoretically rigorous derivation or analyses of observational data in historical records.

As concerns the collation and investigation of the records of celestial phenomena, the scholars not only made account of such topics as the recognition of some nova and supernova[11], the discussion on certain terms used in ancient record as to the sunspots and the aurara borealis[12], and the change of Jupiter brightness in the recent nearly thousand years[13], but also gave their attention to the problem related to the records of solar eclipses which included rearranging early record[14], analysing precision of late records[15], and discussing the change of rotational rate of the earth with these records[16] etc. In all these investigations have been made new advances.

The research work on ancient star catalogues was also remarkable. The most important among which was the calculation and recognition of Huang You Star catalogue of Song Dynasty

and Dao Guang Supplementary Catalogue of Stars, and the comparision of star names between China and West[17].

With respect to astronomical thought, the investigators made a new survey of the influence of idea "qi"(pneuma) on early Chinese astronomy[18] and the relation between the observational practice and calendar evolution[19]. There was a lively discussion about the earth shape of the Huantian theory which related to the works, scientific thought and instrument of the Eastern Han astronomer Zhang Heng(78—139 A.D.)[20]. In addition, a chronicle of Tang astronomer Yi Xing (683—727 A.D.) was compiled[21].

References

KT Kejishi Wenji: Tianwenxueshi Zhuanji (Collected Essays on the History of Science and Technology: Special Series on the History of Astronomy)

T Tianwen (Heaven Asking)

TW Tianti Wuli Xuebao (Acta Astrophysica Sinica)

TX Tianwen Xuebao (Acta Astronomia Sinica)

ZK Ziran Kexueshi Yanjiu (Studies in the History of Natural Sciences)

ZT Zhongguo Tianwenxueshi Wenji(Eassys on the History of Chinese Astronomy)

[1] Chen Jiujin. ZK. 1982, 1(4): 305-319. Chen Jiujin et al. Astronomical History of Yi Nationality. Yunnan Peoples Press, 1984.

[2] Zhang Peiyu. T. 1984(1): 25-91. Yan Dunjie. ZK. 1984, 3(3): 236-244. Liu Jinyi. ZK. 1984(3): 251-260. Liu Jinyi & Zhao Chengqiu. ZT. 1984(3): 38-88. Liu Jinyi. ZK. 1985, 4(2): 144-158

[3] Chen Meidong. ZK. 1985, 4(2): 131-143; Proceeding of the 3rd ICHCS, 1984, Beijing(in press).

[4] Chen Meidong. ZK. 1985, 4(3): 218-228

[5] Bo Shuren. ZT. 1984(3): 97-116

[6] Chen Meidong. KT. 1983(3): 9-26; ZK. 1983, 2(1): 51-60; 1984, 3(4): 330-340. Li Jiancheng. ZT. 1984(3): 124-137

[7] Bo Shuren. ZK. 1982, 1(4): 320-326; Guo Shengzhi et a1. ZK. 1983, 2(2): 139-144; Pan Nai. ZK. 1983, 2(3): 234-245; Yi Shitong. ZK. 1984, 3(2): 128-137; Quan Hejun & Yan Linshan. ZK. 1985, 4(3): 212-217

[8] Wang Lixing. ZK. 1983, 2(3): 225-233; KT. 1983, 3: 122-129; Bai Shangshu & Li Di. ZK. 1984, 3(2): 138-144

[9] Cui Cheng Jue Qun et al. Xizang Yanjiu(Studies of Tibet). 1983(3).

[10] Li Di & Bai Shangshu. KT. 1983(3): 130-136

[11] Liu Jinyi. ZK. 1983, 2(1): 45-50; ZT. 1984(3): 274-279

[12] Chen Meidong & Dai Nianzu. ZK. 1982, 1(3): 227-236; Zhuang Tianshan. KT. 1983(3): 151-169; TX. 1983, 24(3): 293-299; Xu Zhentao. T. 1984(1): 134-142

[13] Liu Jinyi. TW. 1983, 3(2).

[14] Zhang Peiyu et al. Journal of Nanjing University(Natural Science Edition A). 1983. Zhang Peiyu. ZT. 1984 (3): 1-23

[15] Chen Jiujin. ZK. 1983, 2(4): 305-315

[16] Han Yanben et al. TW. 1984, 4(4).

[17] Pan Nai, & Wang Dechang. KT. 1983(3): 98-121; Yi Shitong et al. ZT. 1984(3): 138-162

[18] Xi Zezong. ZT. 1984(3): 163 – 175
[19] Chen Meidong. Lishi Yanjiu (Studies of History). 1983(4): 85 – 97
[20] Sun Shuyi & Xuan Huancan. ZT. 1984(3): 176 – 204. Lu Zifang. Essays on the History of Chinese Science and Technology, Vol. 1, 273 – 334. Chen Meidong. Shehui Kexue Zhanxian (Front of Social Sciences). 1984 (3).
[21] Yan Dunjie. ZK. 1984, 3(1): 35 – 42

〔向第19届国际天文学大会天文学史组提交的报告,印度:新德里,1985〕

《徐光启研究论文集》前言

1983年11月8日是明末爱国科学家徐光启(1562—1633)逝世350周年。中华全国科学技术协会和下属中国科学技术史学会、中国天文学会、中国农学会、上海市科学技术协会，于11月7日至11日在上海宝山宾馆联合召开了“纪念明代科学家徐光启逝世350周年学术讨论会”。

出席会议的有来自北京、上海、天津、河北、陕西、甘肃、河南、安徽、江苏、浙江、福建等地的121名学者，其中有中国科学院学部委员苏步青、钱临照、张钰哲、李国豪、叶叔华，著名学者陈遵妫、蔡尚思、胡道静、程俊英，上海市文化局副局长方行，上海图书馆馆长顾廷龙。日本京都大学人文科学研究所中国科学史研究室主任山田庆儿教授也出席了会议，并作了长篇报告《近代科学的形成和东渐》(《科学史译丛》，1984年第2期)。

在中国科学院学部委员、上海市科协主席、同济大学名誉校长、会议组织委员会主席李国豪同志主持下，会议于11月7日上午开幕。当天下午全体代表参加了上海市文物保管委员会在徐光启故居前举行的勒石纪念揭幕仪式，参观了上海博物馆和上海图书馆联合举办的徐光启文献展览；11月8日又参加了光启公园新建徐氏手迹碑廊落成典礼和上海各界人士举行的座谈会。在座谈会上听取了中共上海市委书记、上海市市长汪道涵，中共上海市委宣传部部长王元化和著名历史学家周谷城等的发言。接着，用三天时间交流了学术论文38篇。

根据组织委员会的决议，由我和吴德铎等11位同志组成编委会，对这38篇论文以及1983年12月31日以前继续交来的论文进行审查、定稿工作。编委会共用了5个月时间，先分数学天文、农学和综合3组，分别在北京、杭州和上海进行了审稿，然后全体编委于1984年4月12日至14日，齐集上海，并特邀胡道静同志参加，对已收到的52篇论文，按以下3项原则编选：

1. 有新材料、新观点，持之有故，言之成理的文章全文收录。
2. 符合上述原则，但已在刊物上发表了的，摘要发表。
3. 非专题性纪念文章，或与其他文章重复过多的，不予发表。

经过认真细致地逐一讨论，结果选出34篇，再由高建同志将全部引用资料核对以后，交由学林出版社编排出版。论文的编选，难免有不周全和错误之处，请作者和读者指正。

徐光启逝世以来，这350年间许多学者对他推崇备至，例如梁启超在《中国近三百年学术史》中说：“明末有一场大公案，为中国学术史上应该大笔特书者，曰欧洲历算学之输入。”在这场输入的过程中，徐光启起了中流砥柱的作用。他与利玛窦合译的《几何原本》，“字字精金美玉，为千古不朽之作”。他主持编译的《崇祯历书》“是我国历算学界很丰富的遗产”。他的《农政全书》60卷，以及与熊三拔合译的《泰西水法》6卷，“实农学界的空前巨著”。“中国知识界和外国知识界相接触，晋唐间的佛学为第一次，明末的历算学便是第二次。在这种新环境之下，学界空气为之一变，后此清朝一代学者对于历算学都有兴味，而且最喜欢谈经世致用之学，大概受到徐光启等人影响不小。”(8—9页)。

梁任公的这段论述基本上概括了徐光启的成就和贡献，但还不够具体和全面。列宁说："在分析任何一个社会问题时，马克思主义理论的绝对要求，就是要把问题提到一定的历史范围之内。"(《列宁选集》，第2卷，512页)评价一个人，也是如此。徐光启生活的时代，正是明王朝急剧崩溃的前夕，外有西方殖民主义者和倭寇骚扰沿海地区，内则民族矛盾和阶级矛盾十分尖锐，水、旱、虫等自然灾害不断发生。面对这危机四伏的形势，徐光启从忠君爱国的立场出发，以"富国强兵"为己任，上了不少的奏疏，写了不少的著作，并且亲身躬行，奋斗终生，在中国历史上留下了光辉的一页。

徐光启继承了我国古代的农本思想，认为金钱不是财富，只是"财之权"，供人吃的粮食和供人穿的布匹才是"财"，因而农业是"生民率育之源，国家富强之本"。要发展农业，既有政策上的问题，也有技术上的问题。他从1384年到1594年的210年间食宗禄的人数统计中得出，人口"大抵三十年而加一倍"，这比马尔萨斯于1798年发表的《人口论》早近200年。到他那时全国税收已不能供养宗室禄米的一半，粮食问题非常严重。为了改变这种局面，他大胆提出，就是皇帝子孙也不能游手好闲，必须自己种田。

在粮食问题上，当时还有一个全国性的矛盾，那就是南方的粮食向北和西北运，以致西北田地荒芜不垦，而东南赋税越来越重。为了解决这一矛盾，徐光启建议在西北兴修水利和进行屯垦，并四次到天津亲自进行种植水稻的实验，以实际行动突破"风土论"的束缚。"风土论"者认为"九州之内，田各有等，土各有差，山川阻隔，风气不同。凡物之种，各有所宜。故宜于冀、兖者不可以青、徐论，宜于荆、扬者不可以雍、豫拟"(王祯《农书·地利篇》)。徐光启则以安石榴、海棠、蒜这些外来的东西都能在中国生长为例，批驳这种风土说，提倡在北方种植水稻和推广刚传到福建的高产作物甘薯。

对于水、旱、蝗三项自然灾害，徐光启认为蝗虫为灾最惨，但只要朝廷重视，充分发动群众，便一定能够根除。他统计了我国记载的111次蝗灾发生的时间和地点，得出蝗灾"最盛于夏秋之间"，分布地区在"幽、涿以南，长、淮以北，青、兖以西，梁、宋以东"。他在《除蝗疏》中提出的一整套捕灭蝗虫的方法，今天看来也还是有积极意义的。

徐光启给我们留下了一份最丰富的遗产，即《农政全书》60卷。这部书比以前的农书有更广泛的内容，它不仅讲农业技术，还讨论开垦、水利、荒政等方面的问题，而且占了相当大的篇幅，形成了这部书的一个特色。当然，在我们这样说的时候，并没有忘记它在农业技术方面的贡献，例如，它把棉花丰产的经验总结为"精拣核，早下种，深根短干，稀科肥壅"(最后一句的意思为株距要稀，肥料要足)。这样短短的只有14个字的口诀，很容易被农民记住。

在徐光启的思想中，富国强兵是并重的两个政策，而这两个政策又是统一的。他说："臣志报国，于富强二策，考求咨度，盖亦有年。"因而，当杨镐率兵13万出关到辽西抵抗清军，大败而归时，他能立刻上疏指出，这次失败的原因，除了"与敌众寡相等的兵力""而分为四路，彼常以四攻一，我常以一抵四"，犯了战略上的错误以外，更重要的是：军官骄而无能，士兵素质低劣，武器钝朽；要想战胜敌人，必须选练精兵，制造新式火器。由他亲自在通县和昌平选练的4 600多名士兵和他督造的火器，后来在首都北京的保卫战中发挥了作用，延长了明王朝的寿命。这里特别值得指出的是，在这次练兵过程中，给我们留下了两部军事著作：《徐氏庖言》和《选练条格》。《选练条格》以前以为遗失了，这次上海市文管会编《徐光启著译集》，莫文骅将军献出了他的珍藏，使我们有机会学习、研究这部军事著作，可以说是我们这次纪念徐光启活动中一件很有意义的事。

除农业科学和军事科学以外，徐光启对于天文、气象、水利、建筑、机械制造、测量、制图、音

乐、医学和会计等各种学科也都很重视，认为它们与国计民生都有关系，而要发展这些学科，就得首先发展“不用为用，众用所基”的数学，于是他和利玛窦合作翻译了欧几里得的《几何原本》。虽然只译了前六卷，但其意义是非常巨大的：第一，它开辟了与历来传统大不相同的演绎推理的思维方式，与后来严复所介绍的归纳法相结合，成为马克思主义辩证法未到中国以前的两种主要科学方法；第二，它是我国第一次翻译过来的希腊科学名著，使中国学者耳目一新，影响了有清一代从梅文鼎到李善兰的数学发展；第三，它破天荒地定出的许多数学名词，一直应用到今天，如垂线、锐角、多边形、对角线、相似、外切等等。

在译了《几何原本》以后，徐光启又与利玛窦合译了《测量法义》，与熊三拔合译了《泰西水法》，把西方测量学和水利学方面的知识引进到我国来。

徐光启的另一重大贡献，就是主持编译《崇祯历书》，进行历法改革。在这项工作中，不但表现了他是一位一丝不苟的科学家，而且还是科学事业的宣传者和组织者。在改历过程中，他和守旧派魏文魁、冷守中进行了激烈的论战。他一方面尖锐地指出他们的无知和错误，一方面又与人为善，希望他们能够深入学习，如有疑问，欢迎共同讨论。他认为，只有“深理论，明著数，精择人，审造器，随时测验”（见《崇祯历书·恒星历指》），才能制定出符合于天体运行规律的历法，而在他主持历局工作时就是这样做的。一面聘请传教士翻译书籍，介绍西方天文理论和计算方法，一面制造仪器，昼夜进行观测，同时又延揽人才，培养后进。由于这些人员的共同努力，工作进展很快，在短短的五年中间，就编译书籍 137 卷。后来他的接班人李天经把其中的重要部分选刻出版，命名为《崇祯历书》；清初又有汤若望增译、删改出版，称为《西洋新法历书》，是清代用了 200 多年的时宪历的基础。

《崇祯历书》在宇宙理论方面采用了第谷的折中体系，即行星围绕着太阳运动，而太阳又和月亮、恒星围绕着地球运动；在计算方法方面，用的是托勒密的本轮、均轮系统。这些在当时欧洲来说，都是落后的；在今天来看，也都是错误的。但是，“判断历史的功绩，不是根据历史活动家没有提供现代所要求的东西，而是根据他们比他们前辈提供了新的东西”（《列宁全集》，第 2 卷，150 页）。根据列宁的这一教导，我们认为《崇祯历书》在我国天文学史上具有划时代的意义：第一，它明确了大地是球形的概念，并以经纬度划分球面；第二，它有了包括南天星座在内的全天星图；第三，它引进了望远镜和钟表；第四，它引进了三角学和有五位小数的三角函数表；第五，它采用了蒙气差、地半径差等改正值；第六，它采用了分圆周为 360°，分一日为 96 刻（即 24 小时）的度量单位，并采用了小数以下的 60 进位制；第七，它使中国天文学和世界天文学相会合，从此以后我国天文学不再是一个孤立的体系。

尤其值得称道的是，在对待西方科学的引进上，徐光启并不是简单移植，而是要求超胜。他说：“欲求超胜，必须会通；会通之前，必须翻译。”不过，他翻译的书籍太多了，在没有来得及消化（“会通”）之前他就去世了，许多的工作留待后人来做。

徐光启学习西方科学于利玛窦、熊三拔等人，但其造诣和贡献远比这些人突出，其思想境界之高更是这些人所不能比拟。利玛窦等人来华的目的是传教，科学在他们手里只是敲门砖；徐光启虽然也信天主教，但科学热情远高于宗教热情。在译书原则上，利玛窦等从传教的功利角度出发，主张先译天文书籍，以便打入宫廷；徐光启则从科学本身的逻辑要求出发，主张先译数学书籍。50 年前，纪念徐光启逝世 300 周年的时候，吾师竺可桢先生在《申报月刊》1934 年 3 卷 3 期上发表《近代科学先驱徐光启》一文，其中曾把徐光启与他同时代的英国唯物主义的真正始祖、近代实验科学的倡导者弗兰西斯·培根（1561—1626）进行了一番对比，他以为徐光启比培根伟大得多：第一，培根著《新工具》一书，强调一切知识必须以经验为依据，实验是认识

自然的重要手段，但仅限于书本上的提倡，未尝亲身操作实践；光启则对于天文观测、水利测量、农业开垦都富有实践经验，科学造诣远胜于培根。第二，培根过分强调归纳法的重要性，忽视了演绎法的作用；光启从事科学工作，则由翻译欧几里得几何入手，而这本书最富于演绎性，培根之所短，正是光启之所长。第三，培根著《新大陆》一书，主张设立理想的研究院，纯为一种空想；光启则主张数学是各门科学的基础，应大力发展，同时还应培养人才，研究与数学有关的十门学科，即所谓“度数旁通十事”，既具体又实用。第四，培根身为勋爵，曾任枢密大臣，但对于国事毫无建树；光启任宰相，对于发展农业和手工业做出了重要贡献，并且高瞻远瞩，预见到日本将来可能假道朝鲜侵略中国，建议在多煤多铁的山西设立兵工厂，铸造洋铳火炮。第五，论人品，培根曾因营私舞弊，被法院问罪，关进监狱；光启则廉洁奉公，临终之日，身边存款不到10两银子。

竺老称光启是近代科学的先驱，这不太确切，因为光启所接受的还不是西方近代科学，而且在光启以后近代科学也没有在中国诞生。在肯定徐光启的同时，也要看到他思想方法上的局限性；他没有像欧洲文艺复兴时期的一些巨人那样对时代有自觉的认识；他从事科学实验都是从生产需要出发，没有像伽利略做斜面实验那样是一种纯粹理想的追求，也就是说对基础理论注意不够；他没有像培根、笛卡儿那样从哲学的高度来阐述科学方法论。不过，我们不能苛求于前人，正如马克思所说：“人们自己创造自己的历史，但是他们并不是随心所欲地创造，并不是在他们自己选定的条件下创造，而是在直接碰到的、既定的、从过去承继下来的条件下创造。”（《马克思恩格斯选集》，第1卷，603页）近代科学没有能在中国产生，这是一个社会条件问题，不能由科学家本人负责。

今天，中国人民在中国共产党的领导下，终于推翻了压在自己头上的三座大山，为科学发展开辟了广阔的道路。我们相信，在历史上产生过张衡、祖冲之、郭守敬、徐光启的中华民族，在建设社会主义物质文明和精神文明的伟大实践中，一定能够涌现出更多的更杰出的科学家，为人类做出更大的贡献。

1984年4月19日

〔席泽宗、吴德铎主编：《徐光启研究论文集》，
上海，学林出版社，1986〕

王韬与自然科学

王韬生于清道光八年十月初四日(1828 年 11 月 10 日),苏州吴县人,初名利宾,字兰卿。1845 年考取秀才。1849 年遭父丧,又逢家乡大水,只身走上海,至墨海书馆当编辑,改名王翰,字嬾今。1862 年 2 月 2 日化名黄畹,上书太平天国苏福省长官刘肇均,请与外国媾和,借其势力以图中原,并献攻打上海之计。不久,清军攻下上海七宝附近的太平军营垒,缉获此书,指为通贼,加以逮捕,禁闭 135 日。① 获释后,于 10 月 4 日逃到香港,改名王韬,字紫诠。以后刊行他的著作及早年尺牍,一律改用此名。王韬在香港居住 22 年半(1862 年秋至 1884 年春),其间曾到英国旅居三年并东游日本。1884 年获李鸿章默许,回到上海,任《申报》主编,并曾担任格致书院(Chinese Polytechnic Institute)院长。1898 年(即戊戌变法维新之年)1 月 9 日卒于上海,享年 70 岁。

王韬在港期间,先是协助理雅各(James Legge,1814—1897)将儒家经典译成英文。1873 年理雅各被牛津大学聘为汉学教授回国以后,王韬与黄澥南、钱昕伯等合办《循环日报》,开我国民营报纸的先声,影响很大。1926 年戈公振在《中国报学史》中说:"循环云者,意谓革命虽败,而藉是报以传播其种子,可以循环不已也。……当时该报有一特色,即冠首必有论说一篇,多出王氏手笔。取西制之合于我者,讽清廷以改革。《弢园文录外编》,即集该报论说精华成之。其学识之渊博,眼光之远大,一时无两。"(7—8 页)。

《弢园文录外编》是王韬政治观点的集中表现,其言论要点为:(1)救国以内治为本,内治包括"肃官常,端士习,厚风俗,正人心";(2) 内治以重民为先,主张君主立宪,"因民之利而导之,顺民之志而通之";(3) 图强以变法为要,变法包括"取士、学校、练兵、律例"四方面的改革;(4) 变法以人才为重;(5) 人才以通今为先。他说:"凡事必当实事求是,开诚布公,可者立行,不可行者始终毅然不摇。夫天下事从未有尚虚文而收实效者,翻然一变,宜在今日。"(《弢园文录外编》,上海中华书局 1959 年版,第 17 页,以下凡引用此书只注明页码)。又说:"即使孔子而处于今日,亦得不一。"(第 11 页)

王韬这种变的观念,这种革新的意图,对于早期主张变法的郑观应、何启、胡礼垣、陈虬有很大影响,对于 1898 年的戊戌维新运动也很有影响。1897 以梁启超为首的时务学社曾将《弢园文录外编》详加校对,命工精刻,重印出版,以广流传,并有徐逢科作序为之推荐:"合中西而一致,括经济之大全,纲举目张,了如指掌,先得我心者也。欲求自强,非熟阅此编不可。"

辛亥革命以来,发表了不少研究王韬的著作和文章,注意力集中在他和太平天国的关系、他的变法自强思想和他在报道文学方面的创新。其实,王韬著述很多,据《弢园著述总目》和《弢园老民自传》等记载,约有 50 种之多。他在研究春秋历法、把西方科学介绍到中国、提倡中国工业化等方面,也都有贡献,本文的目的就在补这一领域的空白。但因时间仓促,探讨得尚

① 吴申元在《内蒙古大学学报》(哲学社会科学版)1982 年第 2 期上发表《王韬非黄畹考》,但作者认为吴的论据很不够,故这里仍用一般说法。

不够深入,只能说是抛砖引玉。

一 《春秋历学三种》

王韬幼年即对《春秋》、《左传》致力颇深。在他于1889年刊行的《经学辑存》中,有研究春秋时期日食和历法的三种,即:《春秋朔闰至日考》三卷、《春秋朔闰表》一卷和《春秋日食辨正》一卷。这三部著作是他于1867—1870年旅居英国时的研究成果,1959年上海中华书局加以点校,重新出版,命名为《春秋历学三种》。

在孔子著的《春秋》一书中(不包括续经),记载有36次日食,690个月名,389个日名干支。根据这些材料来研究自鲁隐公元年(前722)至鲁哀公十四年(前481)这242年间的历日制度,由来已久,但王韬后来居上:

1. 用一种现成历法来推算春秋时期的朔、闰、日食,若《春秋》中的记载与推算结果不符,则认为是记载错误或历法不准。汉代刘歆"作三统历谱,以说春秋",宋仲子用古六历进行推算,都是这一种。晋代杜预批评这种方法是削他人之足以度己之迹。

2. 杜预则不作任何假设,忠实地钻研《春秋》和《左传》中记载的朔、闰、日食,而编排出一种历谱,名曰《春秋长历》。可惜的是,他把《春秋》、《左传》中相互矛盾的资料并成一团使用,因而所得结果也就很难符合历法的本来面目。

3. 杜预以后,后秦姜岌造三纪甲子元历,元郭守敬造授时历,都用他们的历法,推算了春秋时期的日食,但没有进一步利用这些日食资料来编排春秋历谱。王韬则利用英国湛约翰(John Chalmers)所著《周幽王以来日食表》(Astronomy of the Ancient Chinese, Appendix to the *Chinese Classics* by James Legge, vol. Ⅲ, Part I, 1865),考证出《春秋》中的36次日食有32个是可靠的。要排除的4个是:僖公十五年和宣公十七年的日食,中国不见;襄公二十一年十月和襄公二十四年八月的日食,为两个月连续发生日食,不可能。利用这32个可靠的日食定出该月的朔日,再由此逆推至其年正月朔,看其当儒略历的何月何日,即可知其与冬至的关系。如冬至在正月份内,则为建子;如冬至在正月朔之前,则为建丑。这样就解决了朱熹所说的千古不决的疑难——《春秋》开头第一句"春王正月"问题。王韬研究的结果是:鲁文公以前建丑,文公以后,建子越来越占优势。

在确定日食发生的月份与正月之间月数时,还要看其间有无闰月,有无连大月,这就要由经文中所载的历日干支来决定,即用杜预的方法。但是王韬方法有个优点,即可以利用这32次日食,把242年划分为33个独立间隔,其中有31个区间是封闭的,两次日食间的天数以平均朔望月除,即可得到其间的月数。这样就给安排闰月又提供了一个参考依据。王韬利用这种办法编排出了基本上符合于当时实际的《春秋朔闰表》,并对有关春秋历法的大问题做出了回答:

A. 周不颁朔,列国之历各异,故经、传日月常有参差。晋用夏正,宋用商历,卫用鲁历。所谓三正,是不同地区的历法,并非夏、商、周三代的历法。

B.《左传》"文公元年闰三月",王韬认为无此事。错在左氏以为日食必在朔,不知古时用平朔,日食有不在朔者。《春秋》斯年"二月癸亥,日有食之",若癸亥为二月晦,则"四月丁巳,葬僖公",不必置闰,即可解释。王认为前一年(僖公三十三年)已闰十二月,这里也不能再有闰月。

C. 襄公二十七年(前546),《春秋》有"十二月乙亥朔,日有食之",《左传》作"十一月乙亥

朔”。王韬认为此处传是而经误。但传接着说“辰在申,司历过也,再失闰矣”,却又错了,“如再失闰,则近此数十年间日食皆不能合,何以去之千百年,历家就能推算,与经符合乎?”

D.《左传》中僖公五年(前 655)正月辛亥朔和昭公二十年(前 522)二月己丑的两次“日南至”,都先天二三日,与实际不符。他说:“所推冬至,稿凡三易。一次宗元郭守敬授时历,以隐公三年(前 720)岁为庚午冬至,次年为乙亥冬至。第二次用新法增损,以隐公三年为辛未冬至,虽与左氏所载正月朔旦辛亥日南至相合,则与中西日食月、日,一皆不符。因定隐公三年为癸酉冬至。盖《左传》所记两冬至,皆先天二三日,本难与今法强合也。”

王韬在研究春秋历法方面的这些重大突破,是与他继承清代学者徐发、江永、施彦士等人的工作分不开的。但是青出于蓝而胜于蓝,他的工作比这些人都深入和系统。在王韬之后半个世纪,日本学者新城新藏于 1928 年发表《春秋长历》(原文刊于《猎野教授还历纪念论丛》,中译见《东洋天文学史研究》,287—368 页,上海中华学艺社,1933 年),所得结果大同小异,用新城自己的话说是“光绪初年,王韬之研究大略采用与本论文相同的方法,且得大略相同的结果”(第 367 页)。而在一个主要不同点上,王韬是正确的,而新城错了。新城力斥三正说为“诬妄”,不承认当时各国间历法的不一致,王韬则用“周不颁朔列国之历各异说”和“晋用夏正考”充分论述了当时各国历法的不同。今天,各方面对新城的评价很高,对于王韬给予一定的地位,也是应该的。

二 《西国天学源流》

王韬最早在上海墨海书局工作时,与李善兰(1811—1882)为莫逆之交,对西方自然科学很感兴趣,曾与伟烈亚力(A. Wyile,1815—1887)合译《西国天学源流》。这本书虽然字数不多,但如王韬本人在书的末尾所指出的:“虽寥寥数十页,而词简意赅,巨细精粗无乎不实,异同正变无乎不备”,使中国人对从希腊泰理士(Thales,前 624? —前 547?)到 1846 年海王星发现为止的世界天文学史有一全面的了解。其中所提到的天文学家有 60 余人,而见于阮元《畴人传》者仅 7 位,即依巴谷、托勒密、哥白尼、第谷、开普勒、牛顿和卡西尼。如果说,李善兰译《谈天》,对欧洲近代天文学提供了一个横断面,那么《西国天学源流》就提供了一个纵断面,两者互为经纬,开阔了中国人的眼界。这本书中提供的以下几条资料,至今读来仍令人深感兴趣:

1.“古人恒言天狼星色红,今色白,不知何故?”这个问题,现在的恒星演化理论也无法解释。1977 年美国天文学家布瑞车(K. Brecher)发表文章说,可能是有一块宇宙云遮掩过天狼星,把它的光线滤成了红色。但这只是一种猜测。布瑞车的文章发表在美国《技术评论》(Technology Review)第 80 卷第 2 期上。

2.“埃及诸国有古时极高石柱,不知何用意?”由对这些石柱的研究,近年来发展出一门考古天文学(Archaeoastronomy),现在美国有专门刊物,每年三期,英国的《天文学史杂志》(Journal for History of Astronomy)每年也出一期增刊,刊登这一方面的文章,出版的专门书籍那就更多了。

3.“古书有云,空中有小体,浮行往来,似指木星、土星之月也。”这里所说的古书,不知指西方何书,但本文的作者于 1980 年发现,在中国的《开元占经》中有战国时期天文学家甘德发现木卫的记载,见《天体物理学报》1981 年第 1 卷第 2 期。其后,杨正宗等在北京天文台做的模拟观测表明,木星的 4 个大卫星和土星的光环,在良好的条件下,肉眼都能看见(《科学通报》,1982 年第 15 期),从而证明了这一段资料。

4. 关于伽利略以前望远镜发明的历史,有这样两段资料,有待考证:"亚里士多德(前384—前322)有用镜法,时未有玻璃,或磨金板为之";"伽利略(1564—1642)未生时,英国迦斯空(?)于1549年已用远镜于象限仪。迦斯空死后20余年,无人知用者。而法兰西有某者造之,夸为创事,且造分厘镜(可能即显微镜),其死,二器亦无传。而伽利略复为之"。由于我们没有找到《西国天学源流》的原本,我们对这位英国人和法国人考证不出来,希望能有朋友帮助解决。

然而更重要的不是它记载的这些奇闻,而是王韬利用这部天文学史对我国学者中间一些错误观点的批判:第一,阮元在《畴人传》中讥笑哥白尼不能坚守前说,以至"动静倒置,上下易位";王韬则以大量事实说明"法益久而益密,历以改而始精,今之谈天者殊胜于古",哥白尼学说已被光行差等的发现所证实,必须予以接受。第二,阮元认为,行星所走的轨道,不管是椭圆,还是正圆,都是一种假象。王驳之曰:"此乃未明推验实理之故耳。今准椭圆之线,以推其得数,必较密于古。奈端(牛顿)曾求其故,知天空诸体,其道不能不行椭圆,乃由万物摄力(引力)自然之理,非徒假象与数以明之也。"第三,对梅文鼎以来的西学源出中土说,王韬认为这是"攘人之美,据为己有",例如,欧洲人把代数学叫"东来法",其东是指欧洲之东,即阿拉伯国家,并非中国。第四,一些盲目自大者,认为"西历固无可议,其制造机器诚为精密不苟,然形而下者谓之器,形而上者谓之道,西人亦只工具,其下焉者矣。"王韬则认为:"东方有圣人焉,此心同,此理同也;西方有圣人焉,此心同,此理同也。盖人心之所向即天理之所示,必有人焉,融会贯通而使之同。"也就是说,在伦理道德方面,中国有的,外国也能够有,中国并不占任何特殊地位。就这样,王韬步步紧逼,把封建顽固派在接受西方自然科学方面所设下的思想障碍,一一予以抨击,对近代自然科学在我国的传播起了良好的推动作用。

三 《重学浅说》及其他

除《西国天学源流》外,王韬介绍西方自然科学的著作还有《重学浅说》、《西学图说》和《西学原始考》。王韬认为:"数学之中以重学(即力学)为最繁,亦以重学为最适用",举凡建筑房屋,架设桥梁,制造钟表,计算天体位置,莫不与焉。于是他和伟烈亚力合译《重学浅说》,介绍了从阿基米德开始到牛顿为止的力学发展史;讨论了力学的分类;指出了力学作用和化学作用的不同,前者仅改变物体的形状和位置,后者则改变物体的性质;详细论述了杠杆、滑轮、斜面、轮轴、尖劈、螺旋等六种简单机械的力学原理,指出"凡繁器大率合此六器而成,分言之各具一理,合言之总归一公理,增力不能增速,增速不能增力也。凡机器之制,无论繁简若何,用法若何,均不能出此六器之外"。

《西学图说》包括天文图说、空气说、声学浅说、光动图说和曲线图说等五大部分。在天文学部分详细介绍了当时关于太阳系的知识,介绍木星时,论述了利用木卫食测定光速的办法。值得注意的是,他把行星分为三类:内类(水星、金星、地球、火星)、中类(当时知道的14个小行星)和外类(木星、土星、天王星、海王星),而且指出外类的特点之一是:"有光带形迹平行于赤道。"当时只发现了土星的光环,而作者却把它当做这4个行星的共有特征。这却成了一个预见,近几年观测证明了其他3个行星也都有光环。

《西学图说》论述了宇宙的无限性,谓"太虚无尽界,无尽界中有无尽星气(即星系)。何谓星气?聚万万星于一处,远望之蓬蓬勃勃如一点白气。而万万星即万万太阳。每一太阳想亦有数地球所环绕之。天河亦星气(星系),本地球上所见太阳及诸恒星,皆天河中之星也。太阳

为本地所环绕也，最近，故视之最大。……若在他星气中望之，则太阳及诸恒星皆在天河中而成一点白气矣。”

《西学图说》详细地介绍了“岁差之源生于地动，地动之理有七”（自转、公转、岁差、章动、和太阳一起绕昴星团运动、半年差、半月差）。除和太阳一起绕昴星团的运动应该改为绕银河系中心运动以外，其他几点都是对的。遗憾的是，在这里王韬错误地把阴阳历中置闰月的原因归之于岁差，他说：“日居于中，地球环日而行，月又绕地球而一周，每年自正月朔至十二月晦所行之轨道稍又不及，是生岁差，积差一月，则必置闰，此古说之浅而不可易者。”事实上，岁差是回归年和恒星年之差，而不是如王韬所说的十二个朔望月和回归年之差。此外，在《西学图说》开头介绍太阳时，还错误地把月亮也当做了行星之一。这真是“智者千虑，必有一失”。

《空气说》介绍大气的成分、大气的折射现象和散射现象以及大气的存在对人类的重要性。

《声学浅说》讨论了声音的产生和传播，指出声波必须在媒质中传播，在空气中传播速度小，水里大，固体里尤其大。还讨论了回声问题。

《光动图说》介绍了属于几何光学的各种问题，即光源、光速，折射定律、反射定律，凸透镜、凹透镜，望远镜和显微镜。

最后，在《曲线图说》中介绍了圆锥截线（圆、椭圆、抛物线、双曲线）的各种形与质。

王韬在1853年和1858年曾与艾约瑟（Joseph Edkins，1823—1905）合译《格致新学提纲》，“凡象纬、历数、格致、机器，有测得新理，或能出精意创造一物者，必追纪其始，既成一卷，分附于《中西通书》之后。”到1890年又将这一部分材料编辑成《西学原始考》，放在《西学辑存》中出版。《西学原始考》可以说是一部科学技术史年表，至今还有一定的参考价值。例如，我们可以从其中查到：“公元前776年希腊国俗必择一日，君贤赛走，四年一举，因以是年纪为历首，此为希腊纪年之始”；“公元前292年小亚细亚人查利斯（?）于海口造灯塔”；“公元后539年，东罗马始铸其王之状貌于银钱”；“1310年欧洲各国始用烟筒”；“1515年葡人始自中国携回橘树，栽于园圃”；“1839年法人戴开（L. J. M. Daguerre，1789—1851）始创照相法，以照人相”；“1858年设电缆于大西洋，明年又设电缆于红海”。

除《西国天学源流》、《重学浅说》、《西学图说》和《西学原始考》外，《西学辑存》中还有《泰西著述考》和《华英通商事略》两种。后者与自然科学无关；前者介绍明清之际来华的92名传教士（其中包括一名郑玛诺，是广东香山县人，自幼到罗马学习，深于音学，康熙十年回到北京，十三年卒）的210种著作目录，可作为目录学看待，这里不赘述。

四　王韬论科学技术的社会功能

《弢园文录外编》中有“典利”一篇。文章一开头，王韬就批评了“中国自古以来重农而轻商，贵谷而贱金，农为本富而商为末富，如行泰西之法，是舍本而务末”的错误观点，把矛头直指向清政府。他说：“即其所言农事以观，彼亦何尝度土宜，办种植，辟旷地，典水利，深沟洫，泄水潦，备旱干，督农肆力于田亩，而为之经营而指授也哉？徒知丈田征赋，催科取租，纵悍吏以殃民，为农之虎狼而矣！”就是说，那些大言不惭地说“农为本富”的人，并没有利用科学技术来帮助和指导农民发展生产，而是只知道搜括民脂民膏，其可恶程度如同虎狼。接着，他提出了当今之世“利之最先者曰开矿，而其大者有三：一曰掘铁之利，一曰掘煤之利，一曰开五金之利”；“其次曰缝纫之利”；“此外则一曰造轮船之利，一曰典筑轮车铁路之利”。再加上他还有一篇文章《设电线》，一篇文章《制战舰》，这样就为我们提供了他所设想的中国工业化的蓝图：首先是

发展钢铁、冶金和能源,这是一切工业的基础;其次是纺织工业,纺织用机器,"事半功倍,捷巧异常,其利无穷",便于积累资金;然后兵工、交通运输和电讯,而这几大部类又是互相联系的。

王韬在提出发展工业的同时,又批评了反对发展工业的种种错误观点,其中最重要的一条是:工业化会带来失业的危险。有人说:"机器行则夺百工之利,轮船行则夺舟人之利,轮车(火车)行则夺北方车人之利。"王韬反驳说:"不知此三者,皆需人以为之料理,仍可择而用之,而开矿需人甚众,小民皆可藉以糊口。总之,事当创始,行之维艰,惟不能惑于人言,始能毅然而为之耳。"(第47页)

在提倡典办各种工业的同时,王韬又清醒地看到单有这些还不够。他说:"我谓今之自谓能明洋务者,亦尚未极其晓畅也。……其所称建制船舶,铸造枪炮,开设机器,倡典矿务,轮船之多遍至各地,一切足以轶乎西人之上而有余,富国强兵之本,当必以此为枢纽,讲求西法,千载一时。不知此特铺张扬后语耳。求其实效,仅得二三。有明之季,西洋人士航海东来,多萃处京师。汤若望曾随李建泰(反对李自成的明将,传见《明史》第253卷)出师,军中铸有西洋大炮,则《克录》一书著于此时,泰西能敏之人所在多有,亦无救于明亡,盖治国之要不系于是也。"(第32页)他认为:"有利器而无善用利器之法,与无利器同;有善法而无能行善法之人,与无善法同。"(第224页)"故今日我国之急务,其先在治民,其次在治兵,而总其纲领则在储才。诚以有形之仿效,固不如无形之鼓舞也;局厂之炉锤,固不如人心之机器也。"(第16页)这样,在人与物的关系上,王就认识到了人的因素第一;要富国强兵,就得发展工业,就得先改革考试制度,办好教育,储备人才。从这一点来说,王韬的观点对于今天中国的四化也还有一定的参考意义。

综上所述,可以看出,王韬虽然以改革家著称于世(见 *Encyclopaedia Britannica Micropaedia* ,X,p.539—540),但他在自然科学方面的工作也是不应忽视的。他博古通今,学贯中西。在研究春秋历法方面,他提出了新方法,解决了几大疑难,排定了近于当时实际的历谱,至今为人们所称道。他对世界科技史和西方近代科学的翻译、介绍、宣传 ,开阔了中国人的眼界,扫除了一些思想障碍,起了启蒙作用。他在发展工业方面所提出的一套设想,比当时急功近利的洋务派远为高明,而且在处理人与物的关系上,在估价科学技术对社会的作用方面,有些见解还有一定的现实意义,值得我们借鉴。

(在第二届国际中国科学史会议上的报告,香港,1983年12月14—17日)

〔原刊《香港大学中文系集刊》,第1卷,第2期,1987〕

The Characteristics of Ancient China's Astronomy

What are the characteristics of ancient China's astronomy? Many scholars have discussed the problem. In 1939 Herbert Chatley summed up fifteen points. Joseph Needham(1959) in his great work *Science and civilisation in China* concentrated it into seven points.

1. the elaboration of a polar and equatorial system strikingly different from that of the Hellenistic peoples;
2. the early conception of an infinite universe, with the stars as bodies floating in empty space;
3. the development of quantitative positional astronomy and star catalogues two centuries before any other civilisation of which comparable works have come down to us;
4. the use in these catalogues of equatorial coordinates, and a faithfulness to them extending over two millennia;
5. the elaboration, in steadily increasing complexity, of astronomical instruments, culminating in the 13th century invention of the equatorial mounting, as an "adapted torquetum" or "dissected" armillary sphere;
6. the invention of the clock drive for that forerunner of the telescope, the sighting tube, and a number of ingenious mechanical devices ancillary to astronomical instruments;
7. the maintenance, for longer continuous periods than any other civilization, of accurate records of celestial phenomena, such as eclipses, comets, Sunspots, etc.

Needham also pointed out that the most obvious absences from such a list are just those elements in which occidental astronomy was strongest: the Greek geometrical formulations of the motions of the celestial bodies, the Arabic use of geometry in stereographic projections, and the physical astronomy of the Renaissance.

Liu Jinyi (1984) also put forward ten points which are similar to those of Herbert Chatley. Their viewpoints, I think, describe its contributions rather than characteristics. As regards the fundamental characteristics, they were not clarified. Zhu Kezhen (1951) considered that there were two fundamental characteristics, i.e. practical application and protracted nature; but he did not mention it in detail. I suppose the former is more important than the latter and shall discuss it here.

At the present time astronomy is a pure science and belongs to fundamental sciences, but the early period of a science in its development is always different from the late period. Thomas S. Kuhn (1979) pointed out that "Early in the development of a new field, social needs and values

are a major determinant of the problems on which its practitioners concentrate. Also during this period, the concepts they deploy in solving problems are extensively conditioned by contemporary common sense, by a prevailing philosophical tradition, or by the most prestigious contemporary sciences." In China, astronomy originated in the need of agriculture and astrology, and due to the influence of Chinese social conditions and traditional culture, developed in a way quite different from that of Greek astronomy. From the school of Pythagoras (c. 582—500 B.C.), Greek astronomy intended to set up a model of the universe, while Plato (427—347 B.C.) further saw that any philosophy with a claim to generality must include a theory as to the nature of our universe. But in so doing, just as S.A.Mason (1953) pointed out, he did not wish to stimulate the observation of the heavens; on the contrary, he desired only to make astronomy a branch of mathematics. This ideological line determined the rationalism of European astronomy; though later astronomers took to the observation of the heavens to obtain data for calculation, test and improvement of their models of the universe.

On the contrary, natural philosophy in China did not develop to the full and occupied no distinguished position (cf. Ye Xiaoqing, 1984). Chinese sages only wanted astronomers "to observe the heavens so as to investigate the change of human affairs on the earth" (The Classic of Changes, *Yi Jing*) as well as "to observe the Sun, Moon and stars in order to issue the official calendar"(the Yao Canon of the *Shu Jing*, Historical Classic). This ideological line determined the pragmatism of Chinese astronomy.

On the other hand, since the calendar reform directed by Julius Caesar in the middle of the first century B.C. the calendar used in Europe is a solar one, and which developed into the Gregorian calendar, and only requires the accuracy of tropical year in order to coordinate the relation between the days and the months, regardless of the motion of the Moon and the planets, so the calendar making occupies a very small position in the western astronomy. In contrast with that, as far back as the 14th century B. C. China had an embryonic form of a lunisolar calendar, and from the second century B.C. Chinese calendar contained the fundamental contents of modern astronomical almanac, including the calculation and observation of the positions of the Sun, Moon, planets and stars and of solar and lunar eclipses, so Chinese astronomy developed by the way of calendar making and had a character of applied science.

The differences of Chinese lunisolar calendar from that of Babylon and Greece are (1) to take "shuo" (the moment when the Sun and the Moon are at the same longitude) as the beginning of a month; (2) to think of the winter solstice point as starting one for measurement of solar apparent position as well as star positions; (3) to fix the moment of the Sun at the winter solstice point in the eleventh month, and to take this moment as the beginning of a year, and from which to divide a tropical year into 24 periods (12 "jie" and 12 "qi", solar terms). Of these 20 names are connected with season, air temperature or precipitation, such as "lichun" (the beginning of spring), "dashu" (great heat), "xiaoxue" (slight snow). They directly show the change of seasons, and make agricultural things very convenient. The system so far helps farmers to know what kind of weather to expect in each period.

The 24 solar terms are directly determined by the apparent position of the Sun and belong to

the category of the solar calendar. For coordinating the relation between them and the synodic months it is necessary to arrange the intercalary month ("run"), therefore qi (12 solar terms), shuo and run make up the three elements of Chinese calendar, around which Chinese astronomy developed. The solar terms can be measured by Gnomon, because the solar shadow of gnomon is longest at winter solstice and shortest at summer solstice. At the moment when the Sun and the Moon have the same longitude, the Moon cannot be seen. Only when a solar eclipse takes place, it can be proved that the Sun and the Moon have same longitude and same latitude, so observation and calculation of eclipses became an inseparable part of Chinese calendar-making. On the one hand, for raising the accuracy of prediction of the solar terms, the beginning of a month, the intercalary month and eclipses, it was necessary to improve the calculation method; on the other hand, for raising the precision of their observation, new instruments had to be made and new observational methods had to be invented. And both sides complement each other. According to study by Chen Meidong (1983), the evolution of Chinese calendar can be shown in Table 1.

Table

Error of Time	qi	shuo	eclipse	planetary position
B.C.206 - A.D.220	3 - 2 days	1 day	1 day	8°
220 - 589	2 - 1/5 day		15 - 4ke[①]	8 - 4°
589 - 1127	20 - 10ke		4 - 2ke	4 - 2°
1127 - 1368	10 - 1ke		2 - 0.5ke	2 - 0.5°

① 1ke = $14^{m}4$

Calendar making in China not only served agricultural production, but also formed a part of the superstructure. To promulgate the calendar was a symbol of dominion and only the court should have it in hand. To use the calendar promulgated by an emperor meant recognition of his political power. In the calendrical Chapter of *Shiji* (Historical Records) Sima Qian said: "When a new dynasty was established, the emperor must change his surname, alter the calendar, transform the colour of ceremonial dress and calculate the position of vigour in order to undertake the mandate of heaven". After the emperors You and Li, the Zhou dynasty declined and the emperor did not promulgate the shuo, so the calendar of the Lu dukedom, which used the shuo promulgated by the Zhou emperor, was not corrected either. In the sixth year of Wengong of the Lu dukedom (621 B.C.) the Duke did not promulgate the shuo of the intercalary month. About this matter the classics *Zuozhuan* (Master Zuoqiu's Enlargement of the *Spring and Autumn Annals*) wrote critical remarks as follows:

"Not to inaugurate solemnly the first day of the intercalary month was an infringement of the proper rule. The intercalary month is intended to adjust the seasons. The observance of the seasons is necessary for the performance of the labours of the year. It is those labours by which provision is made for the necessities of life. Herein then lies caring for the lives of the people. Not to inaugurate properly the intercalary month was to set aside the regulation of the seasons; —what government or the people could there be in such a case?" (English translation by Legge 1872).

By the end of the period of Spring and Autumn, Zigong, a student of Confucius, wanted to cancel the system of offering a sheep for promulgating the shuo. Confucius opposed it and said "You love the sheep but I love the rite". Right up to the seventeenth century, when the Qing Court appointed Adam Schall (a German Jesuit, 1591—1666) to calculate the official ephemeris, because of the five Chinese characters "Yi Xi Yang Xin Fa" (Based on the New Western Method) printed on the front cover of the ephemeris, Yang Guangxian, a scholar from Anhui Province, accused him of usurping state power and of stealing secret information under the cover of compiling the calendar, thus causing consternation in the Qing Court. Consequently, on the 1st day of the 4th month of 1655, the ministries of Rites and Punishments drew up a proposal, according to which Adam Schall should be put to death by dismemberment. On the next day while the Regents were holding a meeting to ratify the proposal, they had to flee in alarm from a sudden earthquake. Thereafter earth quakes continued from time to time and a comet appeared in the sky. According to traditional Chinese astrology, the Qing court regarded these phenomena as manifestations of the anger and discontent of Heaven, and offenders must have their penalties reduced. Hence Adam Schall and his assistant Ferdinand Verbiest (1623—1688) were released from prison and then took charge the Royal Bureau of Astronomy again (cf. Xi Zezong 1982).

Similar to the case of Babylonia, Chinese astrology belongs to the judicial or portent system (cf. Nakayama S. 1966), which by the observation of celestial phenomena (especialy abnormal) divines important events, such as victory or defeat in a war, the rise and fall of a nation, success or failure of the year's crop, and the actions of emperor, empress, concubines, princes, feudal lords and court officials. Here astronomy played a check on the ruler, and astronomers were regarded as interpreters of celestial signs (cf. Eberhard D. 1957). For the former case, we can take an example from the astronomical Chapter of *Shiji*: "When Mercury appears in company with Venus to the east, and when they are both red and shoot forth rays, then foreign kingdoms will be vanquished and the soldiers of China will be victorious. When they are to the west, it is favourable to a foreign country." For the latter, we can take another example from the "Five Elements" Chapter of *Hanshu* (History of the Han Dynasty): On the First day (Wushen) of the 12th month of the third year of the Jianshi era of the reign of Emperor Cheng (January 5, 29 B. C.) a solar eclipse took place in the sky and in that night an earthquake occurred in the Weiyang palace. Astrologer Gu Yong reported to the Emperor: "Solar eclipse at 9° of Wunu (the 10th lunar lodge) means that something will be wrong with the empress, while an earthquake within the screen wall lays the blame on a noble concubine. Now both of them take place at the same time, portending that Yin will make attack upon Yang. I think, the empress and the concubine will together do the prince harm." When the Emperor asked another astrologer Du Qin, Du also said: "The solar eclipse happened at Wei ($13^h - 15^h$) on Wu Shen day. Wu and Wei represent earth (one of the Five Elements) which corresponds to the central region. Combining it with the fact that the earthquake occurred within the palace, I suppose the close concubines will do harm each other so as to contend for the love of the Emperor, and when affairs go wrong on Earth, abnormal phenomena appear in the Heaven. If the emperor undertakes moral conduct, the disaster can be eliminated by itself. If he neglects the warning of the Heaven and does not care it, the disaster will

come."

The sayings of Gu and Du represent the difference between Chinese and Babylonian astrology in that the theoretical foundation of Chinese astrology is the Yin-yang theory, the Five Elements theory and the heaven mandate theory. The Yin-yang theory explains all the phenomena in the universe in terms of a fundamental dichotomy which corresponds to that between heaven and earth, male and female, and so on. The five elements theory was used to systematize the relations of things by placing them in the constellation of natural agents—wood, fire, earth, metal and water. The heaven mandate theory considers that the monarch is a man of transcendent virtue, whose title to the throne is bestowed by heaven, in other words, he is the agent of the natural order and he rules under its auspices. If, then, his conduct is contrary to the natural order, he is no longer qualified for the throne. In this respect, the royal astronomers were emperor's advisors, and celestial phenomena were matters of great concern to the throne, implying grave political consequences. For example, please read the proclamation of the Emperor Wen of the Han dynasty in 178 B.C. for a solar eclipse: "We have heard that when heaven gave birth to the common people, it established princes for them to take care of and govern them. When the lord of men is not virtuous and his dispositions in his government are not equable, Heaven then informs him by a calamitous visitation, in order to forewarn him that he is not governing rightly. Now on the last day of the eleventh month there was an eclipse of the Sun—a reproach visible in the sky—what visitation could be greater?... Below us, we have not been able to govern well and nurture the multitude of beings; above us, we have thereby affected the brilliance of the three luminaries (i.e., the Sun, the Moon, and the stars). This lack of virtue has been great indeed. Wherever this order arrives, let all think what are our faults and errors together with the inadequacies of our knowledge and discernment. We beg that you will inform and tell us of it and also present to us those capable and good persons who are foursquare and upright and are able to speak frankly and unflinchingly admonish us, so as to correct our inadequacies. Let everyone be therefore diligent in his office and duties. Take care to lessen the amount of forced service and expense in order to benefit the people."(English translation by Dubs H.H. 1938) This is the beginning of a new system of selecting talented persons for government, which lasted many centuries.

Since celestial phenomena were so important to the state affairs, astronomical work was of course given much attention and became a part of government work. From about 2000 years B.C. an observatory was established. During the regime of Qin Shihuang (259—210 B. C.), the first emperor of China, there were over 300 persons engaged in astronomical observations in court. According to *Jiu Tang Shu* (The Old History of Tang Dynasty), at that time (618—907 A.D.) as a bureau, the royal observatory worked under the direction of the Department for the Imperial Archives and Library and consisted of the following 4 parts:

1. calendar making: 63 persons
2. astronomical observations: 147 persons
3. time-keeping (managers of clepsydras): 90 persons
4. time-service (reporting time by bell and drum): 200 persons

It is a characteristic of ancient Chinese astronomy that there were so many astronomical

workers in a government and their heads had positions of such high rank. This characteristic was at first sight noted by the Jesuit Matteo Ricci of Italy (1552—1610), who used it to do missionary work. He never ceases saying that "astrology" was generally practised by the Chinese society of his time, and it would have been an error not to see in this somewhat inappropriate term all the social importance and philosophical elevation with which it was clothed in the Far East (cf. Bernard, H., 1935). Matteo Ricci wrote on May 12, 1605 to a correspondent in Europe:

"I address to Your Reverence urgent prayers for a thing which I have for long requested and to which I have never received any reply: it is to send from Europe a Father or even a Brother who is a good astronomer. In China the king maintains, I believe, more than 200 people at great expense to calculate the ephemerides each year. If this astronomer were to come to China, after we had translated our table into Chinese, we would undertake the task of correcting the calendar, and, thanks to that, our reputation would go on increasing, our entry into China would be facilitated, our sojourn there would be more assured and we would enjoy great liberty." At the invitation of Matteo Ricci, missionaries who had a good command of astronomy arrived in China in 1620 and European astronomy began to be widely introduced into China.

In Europe national observatories were built only from the end of the seventeenth century. In the Islamic world no observatory existed for more than 30 years, and it always declined with the death of a king. Only in China did the royal observatory last thousands of years, in spite of the changes of dynasties.

Not only the royal observatory but also the astronomical records lasted thousands of years. The Chinese term "tian wen" is now used simply to mean"astronomy", but this is a decided shift in connotation; in classical writings it is ordinarily used in the sense of portent astrology. The major part of the Tianwenzhi (astronomical chapter) in the official histories is devoted to the observational records of celestial abnormal phenomena and their connection with political events. As a result, the 24 Histories preserve voluminous and detailed collection of such observations—a collection which has so far attracted the attention of scholars both in China and abroad, and some remarkable results have been achieved when it is related to modern astronomical problems such as the remnants of supernovae, solar activity and so on (cf. Xi Zezong, 1983).

Apart from the astronomical chapters in the 24 Histories, there are Lizhi (calendrical chapters) in which there is described how to compute the motion of the Sun, Moon and planets, how to predict eclipses and how to observe these phenomena and stellar positions.

In summary we can say, ancient Chinese astronomy mainly comprised two parts: calendar making and celestial phenomena observation, instrument making was in the service of these two tasks. These tasks were considered a part of political affairs, the royal observatory was one of government departments, and the heads of astronomical profession were royal advisors, men of high rank and position. They were not interested in pure science for science's sake, and they did not spend enough time in developing abstract laws. So the development of astronomy in China was closely connected with the feudal society and could not be expected to transform into modern astronomy.

References

Bernard, H. Matteo Ricci's Scientific Contribution to China. Beijing, 1935.

Chatley, H. Ancient Chinese Astronomy. Occasional Notes of R. A. S. 1939(5):65-74

Chen Meidong. Observation Practices and Evolution of the Ancient Chinese Calendar. Lishi Yanjiu, 1983(4): 85-87

Dubs, H. H. The History of the Former Han Dynasty. 1983(1):240-1, Baltimore. Waverly Press.

Eberhard, D. The Political Function of Astronomy and Astronomers in Han China. In Chinese Thought and Institutions edited by John K. Fairbank. Chicago, 1957.

Kuhn, T. S. The Essential Tension. Chicago, 1979, 118

Legge, J. tr. The Chinese Classics translated 5, part 1. London. 1872. 245

Liu Jinyi et al. Astronomy and its History (in Chinese). Beijing. 1984. 34-35

Mason, S. A. A History of the Sciences. London. 1953. 23-24

Nakayama, S. Characteristics of Chinese Astrology, Isis. 1966, 57(4):442-454

Needham, J. Science and civilisation in China, 3. 1959. 458. Cambridge.

Ricci, M. Opere storiche, 2. 1913. 284-285. Macerata.

Xi Zezong. Verbiest's Contribution to Chinese Science; Proceeding of the First International Conference on the History of Chinese Science, Leuven, Belgium. 1982. (in press).

Xi Zezong. The Application of Historical Records to Astrophysical Problems, Proceedings of Academia-Sinica-Max Plank Society Workshop on High Energy Astrophysics. Beijing, 1983. 158-169

Ye Xiaoqing. On the Position of Science and Technology in Traditional Chinese Philosophy; Proceedings of the Third International Conference on the History of Chinese Science. Beijing. 1984. (in press).

Zhu Kezhen. Ancient China's Great Contributions to Astronomy. Kexue tongbao, 1951, 2(3):215-219

Discussion

S. S. Lishk: Were angular distance of heavenly bodies measured in terms of earth distances "Li"?

Xi Zezong: No.

L. C. Jain: In Chinese calendrical calculations two words, *Phing Chhao* (floating difference) and *Ting Chhao* (fixed difference) were in use. Could you kindly comment on whether any other Asiatic nation made use of these words during the contemporary period or earlier periods?

Xi Zezong: These were the developments of later period in China.

S. Nakayama: Does ten days difference make really a success or failure of crops?

Xi Zezong: Difference of one unit value in astronomical system will lead it into crisis.

S. D. Sharma: Yuga of 60 year cycle has been used both in Indian and Chinese tradition. Could you kindly explain how the same was used in Chinese Calendar?

Xi Zezong: I think that the two 60 year cycles have no common origin.

〔This paper was published in *History of Oriental Astronomy* (Proceedings of IAU Colloquium No. 91, New Delhi, India, 13-16 November 1985), Cambridge University Press, 1987〕

宋应星的科学成就和哲学思想*

——纪念宋应星诞辰400周年

宋应星是中国明代的科学技术专家。在中国和世界科学技术发展历史上,他有重要的贡献和地位。他的著作《天工开物》是比较系统地、精细地记载中国古代农业和手工业技术成就的一部百科全书。这部巨著有重大的历史价值和广泛的世界影响。今年是宋应星诞辰400周年,《天工开物》发表350周年,中国科协和江西省人民政府特别为他举行纪念大会,有关学术团体举行宋应星学术讨论会,宋应星家乡为他修建了纪念馆。现在,借纪念大会的机会,简要介绍宋应星的生平、科学成就、哲学思想。

宋应星是江西省奉新县人,1587年生于一个破落的官僚地主家庭。1615年考中举人,做过几任地方小官。1644年清入关后,弃官回乡,死于清顺治(1644—1662)年间。

1637年宋应星撰写的《天工开物》,全书共有123幅插图,画面生动,为研究中国古代科学技术和社会经济,提供了很有价值的史料。他还著有《卮言十种》、《画音归正》、《原耗》等著作,多已失散。江西省图书馆珍藏《论气》、《谈天》、《野议》、《思怜诗》等著作,为研究宋应星的政治、哲学观点提供了重要资料。

宋应星的科学技术成就是多方面的。《天工开物》记载和总结了农业操作、蚕丝纺织、染料、农业机械、制盐、制糖、陶瓷、冶铸、车船制造、锤锻、采矿、榨油、造纸、五金、兵器、丹青、发酵、珠玉等18个方面的技术。其中不少是当时世界上先进的工艺、装备和原理。西方的产业革命发生在18世纪,在这以前,中国农业和手工业技术的许多方面在世界上仍保持领先地位。明代中叶商品经济进一步发展,资本主义开始萌芽,促使经济不断发展,为科学技术的发展创造了条件。宋应星的《天工开物》、徐光启的《农政全书》、李时珍的《本草纲目》,还有《徐霞客游记》等一系列重要的自然科学著作,都在这个时期应运而生,而《天工开物》则是古代工艺技术的集大成者。

宋应星不仅关心工艺技术的发展,在广泛总结生产实践和观察自然过程的基础上,他还进一步进行科学理论概括。

在《论气》一书中,通过对五金、土石、植物的运动转化过程的分析,阐述了物质不灭思想,使人们对物质不灭原理的认识脱离思辨阶段,朝着在实践中加以精确论证的方向前进了一步。

《论气·气声》是论述声学的杰出篇章,其中研究了声音的发生和传播,各种音乐和音响,指出"冲气界气而成声"。文中还提出了声是气波的思想。

在化学方面,宋应星论述了多种金属元素的化学性质,比较了铁、铝、锡、铜、银、金的活泼程度,提出利用这种差异来分离金属的方法,如在提炼金银的坩埚中,先后加入硼砂和铅,可以

---

* 合作者:丘亮辉

将金和银分开。

在生物学方面，他以大量的观察和分析为基础，注意到不同品种蚕蛾杂交变异的情况，研究了土壤、气候、栽培方法对稻谷、大麦、小麦、胡麻的品种和果实形态的影响，证明了经过人工努力可以改变动植物的品种特性，得出“种性随水土而分”的结论，为创造优良品种提出了理论根据。

明代炼铁炉和炒铁炉串联的操作方法

（选自喜咏轩刊本《天工开物》）

宋应星在科技上的成就和他的唯物主义哲学思想是分不开的。宋应星的哲学思想有四个鲜明的特色：

首先是坚持物质守恒的思想。他继承了中国哲学史上的唯物主义气一元论思想，认为“盈天地皆气也”。他在阐明气一元论思想时，运用定量的方法得出，物质既不能被创造，也不能被消灭，只能从一种形式转化为另一种形式。这种转化包括五金、土石、动植物等等，无一例外。物质守恒思想是唯物主义的基石，定量的方法是发现物质守恒定律必不可少的方法。宋应星运用定量分析方法阐述物质守恒的思想，虽然没有像拉瓦锡那样采用精密实验的形式，但是在时间上早，并且突破了中国古代仅有观察论证而无数量对比的传统，在精确的数量计算方面迈出了重要一步。

其次是提出“形气化”的自然发展图景。在宋应星看来，自然界不是各种不变物的集合体，而是充满着由气化形和由形化气的种种变化过程。自然界或者是气，或者是形，或者是形气转化的产物。其中气是最根本的，因为一切从气而来，一切又复归为气。这里的关键是“化”的思想。“气化形”表现为各种可见的有形体的生成，“形化气”表现为各种可见物的毁坏湮没，还有“形化形”，表现为各种可见物的变化。总之，一个“化”字描绘了一幅变化不息的自然界发展图景。生活在培根和洛克之间的历史时期的宋应星，作为中国最早对自然科学技术进行分门别类研究的人之一，在他的形气化自然图景中揭示了联系和变化，显露出辩证发展的思想。

第三是强调“天工开物”的精神。宋应星没有对“天工开物”做明确的解释。丁文江认为：物自天生，功由人开，故言天工时，兼天人而言也。近年来发现了宋应星的《野议》，其中指出：财者，天生地宜，而人功运旋而出者。这就是说，人类的物质财富，不是自然界的恩赐，也不是人们凭空创造的，而是天工和人工、天道和人巧相结合的产物。天工提供创造财富的可能性，人巧才把可能性变为现实。在处理人和自然界即主观和客观的关系中，宋应星强调人对自然界的利用和改造，重视人的作用，这是他重视科学技术的必然结果。

第四是重视实践的作用。宋应星认为凡事“皆须试而后详之”。他根据这个思想信条，深入实际，实地观察，画图研究，总结了古代劳动者许多有价值的发明创造和技术诀窍。《天工开物》总结的明代最新科学技术成就，很大一部分是没有前车可鉴的。知识和经验都在实践着的

铜砂冶炼

（选自喜咏轩刊本《天工开物》）

劳动者身上，宋应星比较注意从劳动人民的创造发明中总结经验，开阔思路，获得生产技术上的第一手材料。这是宋应星取得科学成就的源泉。

宋应星的科学成就和哲学思想同明末清初的社会思潮密切相关。当时的中国正处在封建社会末期，国内政治和经济矛盾日益尖锐。面对文艺复兴以后的欧洲，哥白尼为代表的科学革命已经开始，培根、伽利略开创了实验科学，产业革命推动着资产阶级革命，资本主义生产关系已经确立，一种和中国传统文化决然不同的文化形式和内容，一种新的思维方式摆在明清时期的知识分子面前。以徐光启为代表的知识分子努力学习和传播西方科学技术。他们翻译《几何原本》、《同文算指》、《泰西水法》等一系列科学著作，在天文、数学、水利等方面应用西方的科学理论和方法。西方文化进入中国的意义在于，树立一个能够揭示封建文化固有缺点的对比参照系，促进知识阶层突破地理的局限，在世界范围内寻找新的自强自立之路。以宋应星为代表的知识分子则不愿做“大业文人”，着重总结中国的传统科学技术，写出了“于功名进取毫不相关”的《天工开物》和《谈天》、《论气》等科学技术、自然哲学著作。他的科学思想为明清之际的启蒙思想提供了中国的科学技术知识基础，但也集中体现了中国传统科学所固有的长处和局限。徐光启和宋应星代表了中国传统文化和西方文化相格时期，寻找社会文化新出路的两种不同的思想动向。这两种动向在今天仍有现实意义。

（1987年11月10日在中国科协和江西省人民政府召开的纪念宋应星诞辰400周年大会上的报告）

〔原刊1987年12月23日《科技日报》（北京）〕

New Studies in the History of Chinese Astronomy: 1985—1987

In 1982 I published a paper looking back on the studies in the history of Chinese astronomy from the founding of the People's Republic of China in 1949. In 1985 I handed a review to IAU 41 Comission when the 19th General Assembly was held in New Delhi, in which the studies from July 1982 to October 1985 was reported. Here I only review the advance made during the last two years (from July 1985 to June 1987).

Identification of Ancient Guest Stars with Radio Sources

It is well-known that the identification of the Crab Nebula with the supernova of 1054 recorded by Chinese and Japanese astronomers 900 years ago is an important piece of evidence for the value of historical records to astrophysics. The Crab Nebula is the most fascinating object in our Galaxy. Many messages about synchrotron radiation, the origin of neutron stars, the sources of cosmic rays, the manufacture of heavy elements, the strange dense matter, the strong magnetic field and gravitation are coming from it. Based on these facts, it becomes an interesting topic to identify ancient Chinese recorded guest stars with supernova remnants, radio sources, gamma-ray sources and neutron stars. In 1977 Stephenson and Clark (1977) listed eight ancient supernovae which have remnants observed. Wang Zhenru (1986) also identified eight supernova remnants with ancient guest stars. Among them seven are radio sources. This year Wang suggested that two gamma-ray sources (2CG353+16 and 2CG054+01) may be identified with Chinese guest stars observed in the 14th century B. C. and in A.D. 1230 respectively. But only a moment later after Wang's paper being published, it was criticized by L. Y. Huang and others. Huang says: "Although the position of 2CG353+16 is located close to that of the new star of the 14th century B.C., we do not see a bright, extended radio remnant nearby this supernova. An association between 2CG054+01 and the event of A. D. 1230 encounters even more serious problems. Although Wang claims a positional coincidence between the two, they are in fact 15 apart on the sky! She also fails to discuss the extensive observations of the event in Northern China (JIN dynasty) and in Japan. The 16 or so available accounts (mostly independent) for the event clearly indicate a cometary apparition via the statements of its movement. An interpretation of a comet for the event has been given in Ho Ping-yoke's catalog of ancient and mediaeval comets and novae. Its orbital elements have in fact been estimated by Hasegawa in 1979." Wang's reply to Huang's questions is as follows.

(1) Because both the mechanism of supernova explosions and the origin of gamma-ray sources are not clearly understood until now, it is too early to assert categorically that a young supernova must leave an extended radio remnant without any exception. Perhaps the suggestions that 2CG353 + 16 be identified with the great new star in the 14th century B. C. would give some cause for the investigation of a new type supernova explosion mechanism and the origin of gamma-ray sources.

(2) 2CG054 + 01 does not coincide with 109 Her but is located to the south of 109 Her, supporting the opinion of their possible coincidence in position. Although Huang claims that there are many accounts about the event in A. D. 1230 it seems that they are not about the same event. The "Po" star described in Song Shi (*A History of Song Dynasty*) is a supernova at a far distance while the one recorded in Jin Shi (*A History of Jin Dynasty*) and Japanese books is a comet. If so, there is no problem to identify the gamma-ray source with the "Po" star of 1230 recorded in *The History of Song Dynasty*. Huang rejects not only Wang's identification of the two gamma-ray sources this year, but also some other identifications in the past.

1. He points out that there is no relation between the radio source RCW86 and the guest star which appeared in A.D. 185 in Chinese constellation "Nanmen" (south gate). Early investigators mistook Nanmen for α,β Cen but it should by β,ϵ Cen. Moreover, the guest star might be a comet rather than a supernova as suggested by Xi Zezong, F.R. Stephenson and others.

2. The guest star which appeared in A.D. 1181 may be a nova rather than a supernova and have no connection with the radio source 3C58.

3. The event occurring on September l0, 1408, which Li Qibin in 1978 considered as a supernova explosion, and it gave rise to the progenitor of Cyg X-1. Since then many scholars discussed whether it is identified with Cyg X-1 or CTB80. But now Huang considers that it may be a comet.

In spite of rejecting so many identifications, Huang believes that ancient guest stars (those possible historical supernovae) may still be expected to be responsible for some of the unidentified 2CG sources. However, only a careful interpretation of ancient records may result in an improvement of our understanding as to the nature of the gamma-ray, point-like sources. Just inspired by this belief, Huang has changed his work from the Five College Radio Astronomy Observatory, U. S. A. to the Institute of History, Qinghua University at Taiwan Province, China, from last August.

Studies of Calendars

It is commonly regarded that lunisolar calendar had been all along used in China before 1912 when the Gregorian calendar was adopted. But in recent years Chen Jiujin and his colleagues have carried out a survey of astronomical knowledge in the Liangshan region of Sichuan Province. They found that the Yi people there used a solar calendar in which a year is divided into ten months, and a month into thirty six days. Ten months amount to 360 days. In a year of 365 or 366 days there is a surplus which is treated as intercalary days at the end of the year after the tenth month.

This ten-month solar calendar is similar to the ancient Egyptian calendar, but the latter is not as good as the former in precision, because the latter had no intercalary days. Chen Jiujin et al. also found that the ten-month solar calendar is as old as Chinese culture. In the Confucian canons, such as Xia Xiao Zheng (*Lesser Annuary of the Xia Dynasty*) and Shi Jing (*Book of Songs*) there are also traces of the ten-month solar calendar.

Besides, Qin Guangchen discovered a farming season's calendar in Su Wen (questions and answers), a part of Huangdi Neijing (*The Yellow Emperor's Canon of Medicine*) compiled around the 3rd century B.C. It is also a type of solar calendar. There a year is divided into six weather seasons and six botanical seasons as well. Every weather season consits of 2 parts. The first is called "Chu" (beginning) and the second "Zhong" (middle). The connective time of Chu and Zhong is the beginning of a botanical season. For example, the weather season "wind" extends from solar longitude 300°(Great Cold) to 0°(the Spring Equinox), while the botanical season "Growth" begins from 330° (Rain Water). It is because that the influence of weather upon plants has to take a duration of time. In the thirties of this century Napies Shaw, an English agricultural meteorologist, put forward a suggestion to use it as the beginning of a year when solar apparent position is at 255° and to divide a year into 24 parts. How similar is Shaw's suggestion to the farming weather's season! But the farming season's calendar is more than 2000 years before Shaw's suggestion.

As regards the studies of traditional calendars, Chen Meidong has been publishing a series of papers to deal with astronomical data and tables, the calculation methods and its precision of the positions of the sun, the moon, and the five planets. He points out that the tertiary difference interpolation began to be used in Bian Gang's Chongxuan calendar in 892, rather than late in Guo Shoujing's Shoushi Calendar in 1281.

Restoration of Ancient Instruments

In 1984 Beijing Planetarium collected a mini-portable sundial made of ivory, 61mm in length, 32mm in breath, 24mm in height and 26mm in diameter. According to the study of Yi Shitong, it is a copy of "Yangfu Rigui" (upward-looking bowl sundial) invented by Guo Shoujing, made in Korea, and can be used for latitude 39°09′ 15″, i. e. Seoul. The maker was Jiang Hong and the making year may be 1762. Based on the new collected mini-portable sundial and Mei Wending's *Commentary to the Inscription of two Instruments*, Yi Shitong put forward a new programme for the restoration of Guo's upward-looking bowl sundial.

In the 13th century when Guo Shoujing designed the upward-looking bowl sundial Arabic astronomical instruments might have had some influence upon him. After this instrument had been introduced into Korea, it was improved and popularized, and then introduced back into China again. The fact is a very interesting thing in the history of astronomy.

Li Zhichao has studied and restored "Huangdao Youyi" (an armillary sphere with an ecliptically mounted celestial latitude ring) which was constructed by Yixing and Liang Lingzan in A.D. 724. He is also restoring the armillary sphere made by Shen Kuo in the Song dynasty. He

corrects some description mistakes in Jiu Tangshu (*The Old History of Tang Dynasty*) about the former, and points out that some reviews of Shen Kuo on the former are apparently right but actually wrong.

Wang Lixing has restored a floating siphon clepsydra which was made by a folk astronomer Chen Qiyuan in Fujian Province at the end of the 18th century. Its automatic intermittent drainage of two tanks working in turns enables the hammer to strike the bell at 6 and 18 o'clock.

Discussion on the Earth's Shape

In recent years there is a heated discussion about how to evaluate two major ancient Chinese cosmological theories — namely, the Gaitian (hemispherical dome) theory and the Huntian (celestial sphere) theory, particularly about whether the Huntian school regarded the earth as a sphere. Han astronomer Zhang Heng (78—139) in his Huntianyi Zhu (Commentary on manual of the Armillary Sphere) said:

"The heavens are like a hen's egg and the earth is like the yolk of the egg and lies alone in the centre. Heaven is large and earth is small."

After the western conception of a spherical earth was introduced into China in the 16—17th centuries, based on this paragraph, most Chinese scholars think that Zhang Heng had known it. Until 1962 Tang Ruchuan suggested that there Zhang Heng talked only about the heaven's shape and the relation between the heaven and the earth in position and in size, but did not deal with the earth shape. In fact, all scholars of the Huntian school, including Zhang Heng, regarded the heaven as a vacant sphere and the earth as a downward hemisphere located within the lower part of the heavenly sphere. Simply stated, according to the view of the Huntian school the heaven to be a sphere and the earth to be a plane. Such an opinion of Tang Ruchuan on the Huntian school did not attract attention in 1962, but from 1982 it has become popular, because Jin Zumeng has intended to reappraise the Huntian theory. Contrary to the traditional viewpoint, Jin Zumeng firmly believes that the Gaitian theory is superior to the Huntian theory and the historical development is not from the Gaitian theory to the Huntian theory but from the latter to the former. Up to now, there are some different ideas about Jin's viewpoint, but gradually a unanimity of views has been reached on the earth's shape in the Huntian theory, i.e. in ancient China there was no clear idea that the earth was to be a sphere. In this respect, the articles of Song Zhenghai and Guo Yongfang are worth reading. From analysis of carto-graphical technique, survey of polar altitudes, oceangoing voyage and the cause of tide, Song concludes that the traditional Chinese view on the earth was that it is flat, and distinguishes between modern latitude surveys and polar altitude surveys under the direction of Yixing in 724. Although Yixing noted that at the same meridian the more north the place is, the higher the polar altitude will be, he did not know that the meridian is not a straight line but a circle, so he could not calculate the size of the earth based on his survey. According to his investigation, Song regards that Yixing was not the first to survey the length of the meridian. Guo Yongfang studied in detail the introduction course of the western idea on the round earth into China as well as various opposite opinion after its introduction, thus

indirectly proving that in ancient China there was no clear idea for the earth to be round.

References

ZK Ziran Kexueshi Yanjiu (*Studies in the History of Natural Sciences*)

ZT Zhongguo Tianwenxueshi Wenji (*Collections on the History of Chinese Astronomy*)

Chen Jiujin. Yizu Tianwenxueshi (*Astronomical History of Yi Nationality*), Yunnan People's Press, 1984.

Chen Meidong. ZT. 1985, 4(3):218

Guo Yongfang. ZT. 1986(4):155

Hasegawa, I. *Publ. Astron. Soc. Japan*, 1979(31):257

Ho Ping-yoke. *Vistas in Astronomy*. 1962(5):127

Huang, Y. L. *Bull. Amer. Astron. Soc*. 1987a(18):1021

Huang, Y. L. *PASP*, submitted. 1987b.

Huang, Y. L. *A Letter to the Editors of Science*. (unpublished) 1987c.

Huang, Y. L. & Moriarty-Schieven G. H. Science. 1987, (235):59

Jin Zumeng. Tianwenxue Zhexue Wenti Lunji (*Collections of Papers on Philosophical Problems of Astronomy*). People's Press, Beijing. 1986a. 174 – 185

Jin Zumeng. ZT. 1986b(4):164

Li Qibin. *Acta Astronomica Sinica*. 1987, 19(2):210

Li Zhichao. ZK. 1987, 6(1):42

Qin Guangchen. ZK. 1985, 4(4):333

Song Zhenghai. ZK. 1986, 5(1):54

Stephenson, F. R. & Clark, D. H. *The Historical Super-Novae*. Pergamon, Oxford. 1977.

Tang Ruchuan, Kexueshi Jikan (*Collections of Papers on the History of Sciences*). 1962(4):47

Wang Lixing. ZK. 1986, 5(4):341

Wang Zhenru. *The Origin and Revolution of Neutron Stars* eds. by Helfand, D. H. & Huang, J. H., (Reidel, Dordrecht). 1986. 305.

Wang Zhenru. Science. 1987a(235):1485.

Wang Zhenru. Reply to Huang, Y. L. (unpublished) 1987b.

Xi Zezong. Tianwen (Heaven Asking). 1982. 1 – 24

Xi Zezong. Report to the 41 Commission IAU.

Yi Shitong. ZK. 1986, 5(1):41

[This paper was published in *Vistas in Astronomy*. Vol. 31. Proceedings of the 4th Asia—Pacific Regional Meeting of the IAU, 1987, 1988]

《天文学名著选译》序

奉献在读者面前的这86篇著作,好像一颗颗珍珠,串成为天文学发展史上一条光彩夺目的链条。

天文学是最古老的一门学科,在几千年的发展过程中积累起来的文献资料,真可以说是汗牛充栋,浩如烟海,单美国《天体物理学杂志》这一份刊物,每年发表的文章就约1 000篇。在这样众多的文献中,选其精华,汇集出版,这是非常有意义的工作,但又是极其难做的事。首先,是在有关天文学的很多书籍中挑选哪些著作;其次,有的著作挑选上了,是一本厚书,选其中哪几段,也颇费周折;第三,有的著作用数学语言表达太多,技术性又很强,为了使较多的读者能看懂,就得不厌其烦地从中挑选合适的材料。幸而美国著名天文学家沙普利(H. Shapley)等人编选此类丛书为我们编著本书提供了方便。1927年,纽约卡内基有限公司提供1万美元资助编辑《科学名著选编丛书》(*Sources Books in the History of the Sciences*),沙普利是这套丛书的组织者之一,并且和豪沃思(H. E. Howarth)合作编了从哥白尼《天体运行论》(1543)到小达尔文《月球演化理论》(1897)为止的《天文学名著选编》。1960年,他又编了20世纪前50年的《天文学名著选编》。1979年,沙普利的学生,哈佛大学的金格里奇(O. Gingerich)同另一位天文学家兰(R. R. Lang)又合编了20世纪前75年的《天文学和天体物理学名著选编》,约200万字。本书就是在以上三本书的基础上,经过再一次筛选而译出来的,但又不局限于这三本书。例如,本书补充和节选了希腊天文学家阿利斯塔克和托勒密的著作、哥白尼早年的著作(《关于天体运动假设的要释》)、无限宇宙论早期宣传者布鲁诺的著作和W.S. 亚当斯发现引力红移的著名论文,等等。本书力求历史和逻辑的统一,按内容兼顾发表年代,把86篇名著分为16部分,并在每一部分之前各加1 000字左右的背景说明。每一部分的说明既可以为单独的篇章,又可以全部连接在一起而为整个一篇"天文学小史"。

建国以来,在中国天文学史的研究方面,我们做了很多工作,卓有成效;然而对世界天文学史的研究方面几乎还是空白点,现在只能算是开始探索。本书的出版,无疑为这项工作铺了一块奠基石。

本书不但给我们提供了天文学知识,而且也给我们提供了许多方法上的启示。例如,爱丁顿在《恒星内部结构》一文(本书第51篇)里,引《莎士比亚全集》第二卷中的"孜孜矻矻的腐儒白首穷年,还不是从前人书本里掇拾些片爪寸鳞?"来讥笑那些在科学上墨守成规的人。科学工作是创造性的劳动,前人的成果只能作为继续前进的起点,而不应成为套在头上的枷锁。对于本书中收集的这些辉煌成果,我们也应这样看待。

在本书编和译的过程中,46位同志齐心协力,相互配合,做得很好。尤其宣焕灿同志,更是呕心沥血,全力以赴。值此本书即将出版之际,写此数语,表示祝贺。

1985年7月

[《天文学名著选译》,北京,知识出版社,1989]

天文学在中国传统文化中的地位

一　各种文化典籍中有丰富的天文学内容

翻开世界文化史的第一页，天文学就占有显著的地位。巴比伦的泥砖，埃及的金字塔，都是历史的见证。在中国，河南安阳殷墟出土的甲骨文中，已有丰富的天文纪录，表明公元前14世纪时，天文学已很发达。明末顾炎武(1613—1682)在《日知录》里说：夏、商、周"三代以上，人人皆知天文。七月流火，农夫之辞也。三星在户，妇人之语也。月离于毕，戍卒之作也。龙尾伏辰，儿童之谣也"。在中国文明的摇篮时期，天文学知识已普及到农民、士卒、妇女、儿童，顾炎武这样说是有典有据的。"龙尾伏辰"见《国语·晋语》，"七月流火"、"三星在户"和"月离于毕"源于《诗经》的《七月》、《绸缪》和《渐渐之石》三篇。

《诗经》是我国最早的一部诗歌总集，它汇集了西周初年(前1100年左右)到春秋前期(前600年左右)500多年间的305篇作品，反映了当时各阶层的思想文化。因为孔子对它进行过加工整理，就被认为是儒家的重要经典。此书中有不少脍炙人口的天文学句子，清人洪亮吉(1746—1809)有《毛诗天文考》一卷，最新的研究则有刘金沂(1942—1987)和王胜利合写的文章《诗经中的天文学知识》。

《诗》、《书》、《易》、《礼》、《春秋》，自汉代起被认为是儒家的五部重要经典，合称"五经"，为中国古代每个知识分子的必读书。而在这些书中，就有很多天文学内容。《书》原名《尚书》，或称《书经》，它的第一篇《尧典》关于天文的内容占了总篇幅的五分之二，竺可桢(1890—1974)的《论以岁差定〈尚书·尧典〉四仲中星的年代》是近人研究它的著名之作。这些经书中的天文学内容，历来研究者多得不可胜数，《十三经注疏》中就汇集得不少。宋代王应麟(1223—1296)有《六经天文编》，清代雷学淇有《古经天象考》，等等。这里只从文化史的角度，介绍一点影响我国古代天文学发展方向的材料。

《尚书·尧典》云："乃命羲和，钦若昊天，历象日月星辰，敬授人时。"这就是说，要求于天文学家的是观察日月星辰，告诉人们历法和时间。"天文"一词，首见于《易》经。《易·贲卦·彖辞》有"观乎天文，以察时变"，《易·系辞》也说："天垂象，见吉凶"，"仰以观于天文，俯以察于地理，是故知幽明之故。"这就是说，天象的变异，象征着人事的更迭祸福，天人之间有一种感应关系，天象观察可以预卜人间吉凶福祸，从而为统治者提出趋吉避凶的措施。中国传统文化中的天文学正是沿着这两部经书中所规定的路线前进的：一条是制定历法，敬授人时；一条是观测天象，预卜吉凶。所以中国古代便将天文学称为历象之学。

中国古代主管历象之学的官吏叫太史或太史令。张衡(78—139)曾两次担任太史令，先后共14年。起初，太史的职责很多，除天文工作外，还有(1)祭祀时向神祷告；(2)为皇室的婚丧嫁娶和朝廷的各种典礼选择吉日良辰；(3)策命诸侯卿大夫；(4)记载史事，编写史书；(5)起草文件；(6)掌管氏族谱系和图书。可以说这"是一个混合宗教祭祀、卜筮、天文观测与资料纪录

的综合体。设立天文机构的目的是透过对过去的事件与自然征兆的了解,以达到对未来的掌握。”

其后,随着时间的推移,有些带迷信色彩的职能逐渐消失,有些职能逐渐分开,不同的工作由不同的官员去负责,如天文观测和史书编写职能的分开,是到魏晋以后才实现的。编纂中国第一部纪传体通史的司马迁出身于天文世家,正因为如此,他才能在《史记》中写出《历书》和《天官书》,总结出以前和当时的天文学成就,并为后世所师法。从《史记》开始的二十四史中,将天文、历法设专章叙述的凡十七史,占三分之二以上。就是不设专章的史书中,在本纪等篇章中也有不少天文记事。这一优良传统使我国天文学记载连绵不断,保存了丰富的天象纪录,为当代的天文学研究提供了许多有用的资料。

由于正史中多设有天文历法专章,其他的史书也就都很注意收录天文方面的内容,如《续资治通鉴长编》就对1054年超新星作了详尽的纪录。《明实录》、《清实录》和8000多种地方志中都有大量天文资料,而马端临(约1254—1323)《文献通考》中的《象纬考》则首次集中了中国古代的各种天象纪录,成为西方汉学家和天文学家经常引用的资料来源,法国人毕约、英国人威廉·赫歇耳、德国人洪堡、瑞典人伦德马克都曾利用过。

按照经、史、子、集分类,天文学的专门著作属子部天文算法类,在清代《四库全书总目提要》中著录和存目的共54部,在1956年出版的《四部总录天文编》中所收共约百部。但中国的天文学专著,并不限于此数。前述二十四史中的天文、律历诸志,也可以当做专门著作看待。子部其他类中也有大量的天文学内容。《庄子·天运》、《荀子·天论》、《吕氏春秋》十二纪、《淮南子·天文训》都是有名的篇章;术数类的《乙巳占》和《开元占经》等更是天文资料的大汇集;就是看来与天文学毫不相关的《蟹谱》(1059),竟引有《释典》云“十二星宫有巨蟹焉”,从而证明巴比伦的黄道十二宫知识在宋代已很普及。

集部是文学作品,但中国古代用文学形式反映科学内容的也不少,张衡的《思玄赋》就是一篇很好的科学幻想诗,幻想飞出太阳系之外,遨游于星际空间,有关段落今请郑文光翻译如下(引号内均为星名):

我走出清幽幽的“紫微宫”,
到达明亮宽敞的“太微垣”;
让“王良”驱赶着“骏马”,
从高高的“阁道”上跨越扬鞭!
我编织了密密的“猎网”,
巡狩在“天苑”的森林里面;
张开“巨弓”瞄准了,
要射杀嶓冢山上的“恶狼”!
我在“北落”那儿观察森严的“壁垒”,
便把“河鼓”敲得咚咚直响;
款款地登上了“天潢”之舟,
在浩瀚的银河中游荡;
站在“北斗”的末梢回过头来,
看到日月五星正在不断地回旋。

这篇《思玄赋》被后人收集在张衡的诗文集《张河间集》中。明末清初的天文学家王锡阐(1628—1682)有《王晓庵先生诗文集》,清中叶女天文学家王贞仪(1768—1797)有《德风亭文集》。就是在非天文学家的作品中,也不乏天文学内容,《楚辞》就是一个很好的例证。屈原(前340—前278)《天问》的开头关于宇宙结构和天地演化的提问是那么深刻,成为中国天文学史必写的篇章。明代戏曲作家张凤冀(1527—1613)的《处实堂集》中有一首诗描写了1572年仙后座出现的超新星(即第谷新星)。古代天文家仅凭肉眼观测就可做出成绩,文理不分是常事。

类书是把不同书中同一性质的内容汇集在一起,类似于现在的百科全书,也属于子部,但它的规模太大,也有人把它单列。现存最早的类书出现在唐代,有《北堂书钞》、《艺文类聚》、《初学记》3部,每部都把天文学的内容排在首位。宋代的《太平御览》(1 000卷)也是如此。影响所及,1978年决定出版《中国大百科全书》时,也是《天文学》卷先出。现存类书最大者为清代编的《古今图书集成》,全书共10 000卷,分6编,32典,第一编即《历象》,包括《乾象典》100卷、《岁功典》116卷、《历法典》140卷、《庶征典》188卷,囊括了历代的天文学资料,使人查找起来极为方便。

丛书即编印各种单独著作而冠以总名,开始于南宋。原来放在子部杂家类,后来因刊刻的太多了,又单独划出,另列一"丛部"。丛部内各子目又按经、史、子、集分,如《四部备要》、《四部丛刊》。商务印书馆出版的《丛书集成》,收进丛书100部,书4 000多种,许多天文书,如《乙巳占》、《新仪象法要》、《晓庵新法》等均在其中。清末刘铎曾拟编刊《古今算学丛书》,这部丛书包括数学、天文学、物理学、化学、工艺等书,但是刻印成书的只有数学部分。

二　在自然科学各学科中天文学具有特殊的地位

现在让我们从学科分类的角度来看一看天文学在中国传统文化中的地位。

在中国传统文化中,最发达的学科是文、史、哲,属于自然科学的有农、医、天、算四门。在这四门自然科学中,天文学又具有一种特殊的地位。

古代中国人出于将宇宙万物看做不可分割的整体的有机自然观,认为所有事物是统一的,彼此可以感应,天人之间也是如此。天与人的关系并不单纯是天作用于人,人只能听天由命;人的行为,特别是帝王的行为或政治措施也会作用于天。皇帝因受命于天来教养和统治人民,他若违背了天的意志,天就要通过出现奇异现象来提出警告;皇帝如再执迷不悟,天就要降更大的灾祸,甚至另行安排代理人。这样,天就具有自然和人格神的双重意义;天文观测,特别是奇异天象的观测,就不单纯是了解自然,还具有政治目的,天文工作也就成为朝廷大事的一部分了。

大约在公元前2000年,就有了天文台的设置。到秦始皇的时候,皇家天文台的工作人员就有300多(见《史记·秦始皇本纪》)。中国皇家天文台不但规模宏大,而且持续时间之久,也是举世无双。正如日本学者薮内清所说:"在欧洲,国立天文台17世纪末才出现。在伊斯兰世界,一个天文台的存在没有超过300年的,它常常是随着一个统治者的去世而衰落。惟独在中国,皇家天文台存在了几千年,不因改朝换代而中断。"不仅如此,皇家天文台的观测仪器,做得那样庞大和精美,也不单纯是为了提高观测的精确度,而是当做一种祭天的礼器来看待的,北京古观象台的那些仪器就都收印在《皇朝礼器图说》中。

天文学在中国传统文化中的这一独特地位,被16世纪末由意大利来华传教的利玛窦

(Matteo Ricci,1552—1610)一眼看穿,他说:“如果不看到天文学在远东过分地具有社会的重要性和哲理的高深性,那就要犯错误。”天文学在中国人心目中的特殊地位,一直持续到清末,这可用曾国藩(1811—1872)的话来说明。曾国藩晚年在给他儿子曾纪泽的信中表示,自己“生平有三耻”,第一耻就是“学问各途,皆略涉其涯涘,独天文算学,毫无所知,虽恒星五纬,亦不识认”,殷殷叮嘱,“尔若为克家之子,当思雪此三耻,推步算学,纵难通晓,恒星五纬,观以尚易,……三者皆足弥吾之缺憾矣。”

天文算学在中国古代总是相提并论,具有不可分割的联系。居于“算经十书”之首的《周髀算经》实际上是一部天文学著作,其余的几部中也有天文学内容。清末阮元(1764—1849)编《畴人传》也是将天文学家和数学家收集在一起。事实上,许多人既是天文学家,也是数学家。中国数学的许多进展都体现在历法计算中。关于这一问题,1987 年王渝生的博士论文《中国古代历法计算中的数学方法》论之甚详。

这里需要特别指出的是:中国古代由于几何学不发达,在平面几何中没有引进角度概念,在直角三角形中只有线段与线段的计算关系,没有边与角的计算关系,因而关于行星位置的计算是用内插法,这与导源于希腊的西方天文学迥然不同。

希腊由于几何学发达,预告行星的位置是用几何模型的方法:通过观测建立模型,使模型可以解释已知的观测资料,然后用该模型计算已知天体的未来位置并以新的观测检验之,如不合则修改模型,如此反复不已,以求完善。哥白尼和托勒密在日心地动问题上虽然针锋相对,立场截然相反,但所用方法则一。其后第谷、开普勒也都用的是同一方法。几何模型方法有助于人们思考和探索宇宙的物理图像及其运动的物理机制,而从中国传统文化中的代数学方法很难产生哥白尼的日心地动体系和开普勒的行星运动三定律。

农业生产对自然环境有极大的依赖性。俗话说:“靠天吃饭。”我们的祖先对人力、自然环境与农业生产的关系认识得很早,在春秋战国时期就形成了系统的看法,即“天时、地宜、人力”观。《吕氏春秋·审时篇》说:“夫稼,为之者人也,生之者地也,养之者天也。”《齐民要术·种谷篇》说:“顺天时,量地利,则用力少而成功多,任情返道,劳而无获。”所谓天时,即气候。气候的变化直接依赖于地球绕太阳公转位置的变化,即太阳在天空中视位置的变化。在北半球,冬至时,日行最南,中午日影最长;夏至时,日行最北,中午日影最短。把日影最长的时刻(冬至)固定在十一月份,从冬至到冬至再分为二十四段,就得到二十四个节气。这二十四节气大体上就反映出一年当中气温和雨量的变化,给农业生产以告示。像“清明下种,谷雨插秧”这类谚语至今还流行于民间。为了建立二十四节气系统,并使之精确化,中国古代形成了一整套的历法工作,经久不衰,构成了中国传统天文学的一个特点。《夏小正》、《礼记·月令》、《吕氏春秋》十二月纪、《淮南子·时则训》,这些既是农业科学方面的著作,又是天文学方面的著作。

今天看来,天文学和医学似乎没有关系,但在古代并非如此。中世纪阿拉伯的医生们在看病之前先要看天象,因此医学家就必须懂得一些天文学知识。在中国西藏,直到今天,天文和医学还是合设在一个机构中。奠定中医理论基础的《黄帝内经》就含有丰富的天文学内容。宋代沈括(1031—1095)在《浑仪议》中说:“臣当读黄帝素书:‘立于午而面子,立于子而面午,至于自卯而望酉,自酉而望卯,皆曰北面。立于卯而负酉,立于酉而负卯,至于自午而望南,自子而望北,则皆曰南面。’臣始不喻其理,逮今思之,乃常以天中为北也。常以天中为北,则盖以极星常居天中也。《素问》尤为善言天者。”(见《宋史·天文志》一)沈括所引这一段材料非常重要,说明了北极和天顶(即人在北极之下)时的现象,可以作为中国有地圆思想的一个例证。但今本《黄帝内经·素问》中找不到这段精彩的话了,可能已经散佚。关于《黄帝内经》中的天文学知

识，南京大学天文系的卢央有一篇文章详细介绍，从宇宙理论、日月运动到行星颜色变化，无所不包。《黄帝内经》强调"人以天地之气生，四时之法成"，特别注意气候变化对人体的影响，而决定气候变化的主要因素是太阳的视运动，因而天文学和医学就结下了不解之缘。

清丽的月光，闪烁的繁星，光芒万丈的太阳，这些天文学家研究的对象，同时也受到文学艺术创作者的偏爱。我国天文学家戴文赛(1911—1979)曾经打算把中国古典文学作品中有关天文的内容辑录成书，题名《星月文学》出版，可惜他生前没有实现宿愿。何丙郁先生前年在台北讲《科技史与文学》，也提到一些，这里略作补充。

屈原《离骚》开头第二句"摄提贞于孟陬兮，惟庚寅吾以降"，就牵涉到天文学内容。晋朝张华诗中的"大仪斡运，天回地游"，既包含了宇宙万物都在不断地运动变化，也包含着地动思想。在《唐诗三百首》里，共收李白诗 26 首，其中有 13 首提到月亮。"床前明月光，疑是地上霜，举头望明月，低头思故乡。""明月出天山，苍茫云海间，长风几万里，吹度玉门关。"这些家喻户晓的诗篇，成了中国人民的一份宝贵的精神财富。杜甫有一首专写银河的诗："常时任显晦，秋至最分明。纵被微云掩，终能永夜清。"宋代苏东坡有一首《夜行观星》的诗，谈到恒星的命名问题："天高夜气严，列宿森就位。大星光相射，小星闹如沸。天人不相干，嗟彼本何事；世人强相摘，一一立名字。南箕与北斗，乃是家人器；开亦岂有之，无乃遂自谓。迫观知何如，使我常叹喟。"到了宋元时期，出现了专门描写天文机构和天文仪器的文学作品。北宋刘弇的《龙云集》有一篇《太史箴》，描写苏颂水运仪象台的运转情况。元代杨桓的《太史院铭》和《玲珑仪铭》等是研究元代天文学史的必读文件。

明清之际西方天文学传入中国以后，对清代考据学的形成具有决定性的影响。梁启超在《中国近三百年学术史》中说："治科学能使人虚心，能使人静气，能使人忍耐努力，能使人忠实不欺。……历算学所以能给好影响于清学全部者，亦即在此。"胡适也认为，考据学方法系当时学者受西洋天算学的影响而起。王力在《中国语言学史》中说得更明确："明末西欧天文学已经传入中国，江永、戴震都学过西欧天文学。一个人养成了科学头脑，一理通，百理融，研究起小学来，也就比前人高一筹。"于是他主张学中国文学的人，应该学天文学；在他主编的《古代汉语》中，天文学占了大量篇幅。

天文学和历史学的关系更加密切。研究一个历史事件，首先要确定它发生的时间，对古代史来说，有时就很困难，经常需要借助天文学的方法来解决，所以年代学既是天文历法的一个分支，又是历史学的一门基础课。例如，武王伐纣发生在哪一年，众说纷纭，莫衷一是，最早的可早到公元前 1122 年(汉代刘歆)，最晚的可迟到公元前 1027 年(今人陈梦家)，早与晚之差达 95 年。1978 年张钰哲(1902—1986)利用哈雷彗星轨道的演变定为公元前 1057 年，属于中期说。又如，西周自武王至厉王共 10 个王，每个王在位多少年，都没有定论。1980 年葛真发表《用日食、月相来研究西周年代学》一文，其中曾引用《竹书纪年》中"懿王元年天再旦于郑"的记载，认为"再旦"是黎明时日带食而出的一种现象，"郑"在今陕西凤翔到扶风一带，从而利用奥泊尔子《日月食典》算出这可能是公元前 925 年或公元前 899 年发生的日环食。最近彭瓞钧等人利用电子计算机进行分析，结果表明它只能属于公元前 899 年 4 月 21 日的日环食。这样一来，周懿王元年即为公元前 899 年，从而为解决西周的年代问题提供了一个准确的点。

西周共和元年(前 841)以后，有了连续的纪年，历史事件发生的年代不再成为大的问题，但发生在何月何日，对于春秋战国时期来说仍有问题。《春秋》开头第一句是：鲁隐公"元年(前 772)春王正月"。朱熹(1130—1200)认为这就是一个千古不解的疑难，因为根据《左传》的解释是"春王周正月"。按周以含冬至即今公历的 12 月 21 日前后的月份为正月，这正是最冷的时

候,怎么能叫做“春”？要么是孔子以“行夏之时”为理想,而将夏历的春冠在周之正月上了。再加上春秋时期如何安排大小月和闰月都不大清楚,同一事件,《左传》所记月份有时与《春秋》又不一致,因而就有一系列问题需要研究,而史学界长期以来得不到一致的意见。汉太初元年(前 104)以后,历法有了明确的记载,但根据历法所推算出来的历本保存下来的不多,清末汪曰桢(1813—1882)把清中叶以前每年每月的朔日和节气的干支及闰月按历代实行的历法逐一推算出来,名曰《长术》,因为篇幅太大,出版时缩编为《长术辑要》。以此为基础,陈垣(1880—1971)编出《二十史朔闰表》和《中西回史日历》,成为史学家必备的工具书,其作用有口皆碑。

1975 年郑文光和我合写《中国历史上的宇宙理论》,严敦杰先生看了以后提出一个问题:为什么中国历史上研究宇宙论和研究历法的是两套人马？我的回答是:历法实用性大,技术性强,研究历法的人不一定关心天是什么,而哲学家必须回答这个问题。

天是物质的,还是精神的？是没有意志的自然界,还是有目的的上帝？这是哲学家长期争论的问题。例如董仲舒(前 179—前 104)认为天是有意志的。他说:“春气暖者,天之所以爱而生之;秋气清者,天之所以严而成之;夏气温者,天之所以乐而养之;冬气寒者,天之所以哀而藏之。”(《春秋繁露·阳尊阴卑》)稍后的王充(约 27—97)则针锋相对地说:“春观万生之生,秋观其成,天地为之乎？物自然也。如谓天地为之,为之宜用手。天地安得万万千千手,并为万万千千物乎?”(《论衡·自然》)董仲舒和王充的说法都有片面性。董把春夏秋冬说成是天的情绪造成的,这固然不对;但王充的批驳也是拟人化的,且过于简单。事实上,万物生长靠太阳,与天还是有关系的。

古代哲学家关心的第二个问题是天人相与还是天人相分？是听天由命还是人定胜天？

天人相与是星占术的基础,听天由命的思想孔子表达得最清楚:“死生有命,富贵在天”(《论语·颜渊》),“获罪于天,无所祷也”(《论语·八佾》)。

天人相分和人定胜天的思想,以荀况为代表。《荀子·天论》开头第一句就是“天行有常,不为尧存,不为桀亡”,接着又说:“强本而节用,则天不能贫;养备而动时,则天不能病;循道而不贰,则天不能祸。……故明于天人之分,则可谓至人矣。”又说“日月之有食,风雨之不时,怪星之说见,是无世而不常有之。上明而政平,则是虽并世起,无伤也;上暗而政险,则是虽无一至者,无益也。”

与天文学发展最有密切关系的是古代哲学家经常讨论的第三个问题:宇宙本原是什么？在中国是元气说占优势。

《管子·内业篇》有“凡物之精,化则为生。下生五谷,上为列星;流于天地之间,谓之鬼神;藏于胸中,谓之圣人;是故此气,杲乎如登于天,杳乎如入于渊,淖乎如在于海,卒乎如在于屺。”这段话的前半部分是说,物的精气,结合起来就能生出万物。后半部分是解释气的性质:有时是光明照耀好像升在天上;有时是隐而不见,好像没入深渊;有时滋润柔和,好像在海里;有时是高不可攀,好像在山上。关于元气的性质,在《管子·心术(上)》中还有一段话:“动不见其形,施不见其得,万物皆以得然。”这就是说,它可以小到看不见,摸不着,但可以在任何地方存在,也可以转化成各种有形的具体的东西。这个元气本体论,应用到宇宙论的各个方面,形成了中国天文学的又一特色,如《淮南子·天文训》用来解释天地的起源和演化问题,《黄帝内经·素问》用来解释大地不坠不陷问题,宣夜说用来解释天体运行问题。

与天文学发展关系密切的第四个哲学问题是阴阳五行思想。这个题目显而易见,但是至今还没有人做过系统的、深入的研究。当然还有第五、第六,……总之,中国虽然没有像希腊柏拉图(前 427—前 347)那样,明确提出“任何一种哲学要具有普遍性,必须包括一个关于宇宙性

质的学说在内”,但中国的哲学家还都是很关心天文问题的,有过不少议论,中国古代天文学的发展也深深地打上了中国传统哲学的烙印。

三　天文学渗透到各种文化领域,影响极广

文化不仅仅是写在书本上的东西,还渗透在人们的生活方式、思想意识和风俗习惯中,凝聚在人工物质中。从这方面来看,天文学在中国传统文化中也极具重要性。

人们最简单的生活方式就是“日出而作,日落而息”,由太阳在天空的视运动来规定作息时间。再精密一点,就要把一昼夜分为若干段,决定每段时间内干什么。中国古代分一昼夜为十二辰,又分为一百刻。十二辰用子、丑、寅、卯等十二支来代表。每一辰又分前后两段,前段叫“初”,后段叫“正”。子初相当于现在的夜晚 11 时,子正相当于夜晚 12 时。怎样测定这些时刻(“测时”),测定出来以后又如何用仪器表示出来(“守时”),又如何告诉各阶层人士(“报时”),这就形成了一整套的天文工作。在有了无线电以后,又加上了第四步:“收时”(接收别人的报时信号来核校自己的测时结果)。中国古代的圭表和浑仪都具有测时功能,漏壶则是守时仪器,而各个城市报时的钟楼、鼓楼则是天文工作者联系人民群众的纽带,“应卯”、“吃午饭”等常用语汇都和天文学有关。

在一天里面,按时辰来安排作息,“几点钟?”“什么时间?”已经成了人们的口头禅,每天不知要说多少遍。但光有这个还不够,日积月累,长时间的生产和生活安排就需要历法。世界上没有一个民族是没有历法的。

中国历法具有两个特殊性。一是科学内容多,除一般的历日计算和安排外,还包括日月食和行星位置的计算,以及恒星观测等,具有现代天文年历的基本内容。二是迷信内容多,在通行的民用历书中,包括大量迷信的“历注”。打开一本皇历,开头是几龙(辰)治水,几人分丙,几日得辛,几牛(丑)耕田,太岁及诸神所在,年九宫等迷信内容,过了几页才是历书的正文。正文分月逐日排列,每月开头也还有一些迷信内容,每日下面列有宜忌事项,从举官赴任、阅武练兵、建室修屋、丧葬嫁娶,到理发、洗澡、剪手脚指甲,哪一天可以做,哪一天不可以做,都规定得清清楚楚。凡人每天做什么事情,都得先查看历书,而皇室天文学家的首要任务就是每年得编这样一本科学和迷信相结合的生活指南。关于历书中的各种宜忌事项,王充在《论衡·讥日篇》中就做过专门批判,但收效甚微,直至 1911 年辛亥革命以后才彻底废除。

在民用历书中,除了与太阳视位置有关的二十四节气外,还有几个传统节日和几个杂节,它们大多数也和天文有关。(1)春节,原来就是二十四节气中的立春,1912 年以后才固定到夏历正月初一,这一天象征着春回大地,万象更新,天增岁月人增寿。(2)五月五日端阳节,表示阳气始盛,天气变热。(3)七月七日乞巧节,也叫女儿节,妇女们在这天晚上用瓜果祭祀织女星,穿针乞巧。(4)八月十五中秋节,家家户户祭月、赏月、吃月饼。

所谓杂节是指伏、九、梅、腊。三伏包括初伏、中伏和末伏,是一年中最热的季节。从夏至开始,依照干支纪日的排列,第三个庚日起为初伏,第二个庚日起为中伏,立秋后第一个庚日起为末伏。“九九”是一年中最冷的季节,从冬至日算起,每九天为一个“九”,共九九八十一天。“热在三伏,冷在三九”。梅表示南方的黄梅天,此时阴雨连绵,空气湿度很大,物品容易发霉。据《荆楚岁时记》:“芒种后壬日入梅,夏至后庚日出霉”,但各地略有不同。腊本是岁终祭神的一种祭祀名称,选择在冬至后某一日举行,各个时代有所不同,今取《荆楚岁时记》中的记载,固定在十二月八日,大家吃腊八粥。

中国人批评一个人自高自大是“不知天高地厚”，这典故出自《诗·小雅·正月》篇。该篇中有“谓天盖高，不敢不局；谓地盖厚，不敢不蹐”，是利用盖天说劝人做事要小心谨慎。在儒家经典中，利用天文现象来进行政治、道德说教的材料，为数很多。例如，《论语·为政》开头第一句就是：“子曰：为政以德，譬如北辰，居其所而众星共之。”又如，《论语·子张》篇有：“君子之过也，如日月之食焉。过也，人皆见之；更也，人皆仰之。”有过能改，等于无过，这也成了中国道德观念的一个组成部分。

盖天说不但被用来劝人小心谨慎，而且用来劝人安分守己。《易·系辞(上)》说：“天尊地卑，乾坤定矣；卑高以陈，贵贱位矣。”这就是说人的社会地位是命定的，永世不能改变，只有“知足者常乐，能忍者自安”。

盖天说既然能对维系社会秩序和塑造人生观起作用，所以当它与实践发生矛盾时，就有人对它进行修正以适应新的形势。单居离问孔子的弟子曾参：“如诚天圆而地方，则是四角之不掩也”——半球形的天穹和方形的大地，怎么能够吻合呢？曾参回答说：“夫子曰：天道曰圆，地道曰方。”(《大戴礼记·曾子·天圆》)这里加了一个“道”字，就把问题的性质变了，不再仅仅是讨论宇宙结构，而且是在论道，因此不符合实际也行。再加上后来《吕氏春秋》一发挥，说“天道圆地道方，圣王法之所以立上下”，这样一来，尽管在天文学领域后来浑天说取代了盖天说，但在统治者的心目中，还要显示天圆地方，甚至在制造浑天说的代表仪器——浑象的时候，也要用方形的柜子象征大地。此外，铜钱外圆内方，筷子一头圆一头方，北京天坛圆、地坛方，这些都是“天道圆，地道方”的象征性模型。

天文学影响于建筑的，决不仅仅是天坛和地坛的形状。在6000多年前遗留下来的西安半坡遗址中，有比较完整的房屋遗址46座，它们的门都是朝南的。这说明当时已经掌握了辨认方向的方法，而且知道盖房朝南采光条件最好。而辨别方向只有观看北极星，或者利用最原始的天文仪器——圭表。《考工记·匠人》里说得很清楚，首先是平地，然后在地上立一竿子，并悬挂重物使竿子与地面垂直，再以竿子为中心在地面画圆，然后白天看日影、晚上看北极星来测方向。所以古代进行建筑施工的第一步，就离不开天文学。对于施工的季节，天文学上也有所反映。现在的飞马座α、β、γ三颗星和仙女座α星所组成的正方形，中国最早叫营室，后来又分成室、壁二宿。《国语·周语》单襄公引“夏令”曰：“营室之中，土功其始。”这就是说，立冬前后初昏，营室出现于正南方天空时，农忙已经过去，可以营室盖屋了。至于哪一天动工，哪一天上梁，这在后来又要查看皇历了。

天文学还影响到城市的布局。北京城南有天坛，城北有地坛，城东有日坛，城西有月坛。唐代的长安城，宫城分三部分，象征天上的三垣：皇城的南门叫朱雀门，北门叫玄武门。前朱雀而后玄武，左青龙而右白虎，这个四象又是和天上的二十八宿相配的。根据1978年湖北随县(今随州市)曾侯乙墓出土的一个漆箱盖子上的图画，知道至迟在公元前5世纪已把两者配合起来了。至于哪个出现得更早，历来意见不一致。1987年在河南濮阳的一个仰韶文化遗址中，发现一个成年男性骨架的左右两侧，有用贝壳摆塑的龙虎图像，最近用碳14测定结果，断定是8000年前的遗物，从而把四象的起源往前推了约6000年，使我们对许多问题得以重新认识。

这四象又渗透到许多文化器物领域。西安西汉建筑遗址出土的瓦当，在直径不到20厘米的圆上，塑造有昂首修尾的苍龙，衔珠傲立的朱雀，张牙舞爪的白虎，龟蛇相缠的玄武，个个布局均匀，造型生动，线条简洁，既有天文含意，又是一种建筑装饰。在汉唐时期的铜镜上，有的刻四象，如汉代日利大前镜、隋代仙山境、唐代四神鉴。有的既刻四象，又刻二十八宿，如现在

保存在天津艺术博物馆、湖南省博物馆和美国自然史博物馆的唐代二十八宿镜，自内往外数第一圈为四象，第二圈为十二生肖，第三圈为八卦，第四圈为二十八宿，第五(最外)圈为铭文。

据《礼记·曲礼》载，古代行军的时候，前面一队的旗上画朱雀，后面一队的旗上画玄武(龟蛇)，左面一队旗上画青龙，右面一队旗上画白虎，中间一队旗上画北斗星。龟有甲，蛇有毒，鸟能飞，龙腾虎跃，此五兽配合作战，将守必固，攻必克。这也是一种实用心理学，用这些图像来鼓舞士气，使他们能像龙虎一样，奋勇作战。这种办法后来愈演愈烈。明代何汝宾的《兵录》里还列出二十八宿的神名，例如东方七宿的主将是黄公政，其中角宿的神是角木蛟李真。将各宿的图像画在旗上，凡出兵，日所轮宿胜，即以此旗领军。

在迷信盛行的时代，天文学和军事的关系，远不止打旗布阵这一点，更重要的是进行军事行动以前，先要仰观天象，进行占卜。《三国演义》里就有许多夜观天象的故事。诸葛亮上通天文，下知地理，成了民间广为流行的传说。近人刘朝阳就《史记·天官书》里的材料做过一番统计，发现在全部309条占文中，关于用兵的有124条，占了三分之一以上。其他的天文星占著作中，所占比例大体上也差不多。

天文学不但和人生、人生观有关系，而且和人死、人死观也有关系。人死了希望能上天，因此就要在墓室的顶棚上、在墓志铭的周围、在棺材的盖子上画星图，在墓中放与天文有关的东西。在中国社会科学院考古研究所编写的《中国古代天文文物图集》中，共收天文文物63件，其中星图占25件。在这25幅星图中，刻绘在墓里面的又占了15件，是总数的五分之三，时间分布从西汉到辽代。此外，近15年来，在墓中出土的还有湖南长沙马王堆帛书五星占和彗星图、安徽阜阳汉代漆制圆仪、山东临沂元光历谱、内蒙古伊克昭盟西汉漏壶，一桩桩、一件件为中国的文化考古增添了不少光彩，为世界天文学史谱写了新篇章。

总之，天文学是中国传统文化的一个重要组成部分，它渗透到其他各个文化领域，许多文化现象也影响到它的发展，要把它们之间的相互关系研究透彻和刻画清楚，恐怕得写一本大书。本文只能算是一个初探，抛砖引玉，希望能有人写出更全面、更系统的成果来。

(本文曾于1988年在第五届国际中国科学史讨论会和第二届全国天文哲学会议上宣读)

〔原刊《科学》，第41卷，第2期，1989〕

敦煌残历定年*

现存中国古代所用的历书，以 1973 年在山东临沂发现的元光元年（前 134）的历谱为最早[1]，它是写在竹简上的。写在竹简上的历谱还有在此以前在西北地区先后发现的 15 份历谱，它们分属于公元前 72 年，前 70 年，前 63 年，前 61 年，前 59 年，前 57 年，前 39 年，前 17 年，前 13 年，前 5 年和公元 6 年，8 年，94 年，105 年，153 年[2]。在此以后，从公元 3 世纪到 7 世纪的历本至今几未发现。接着就是写在卷子上保藏在敦煌石窟中的从晚唐到宋初的历本。这些历本的绝大部分于本世纪初被斯坦因（M. A. Stein，1862—1943）和伯希和（P. Pelliot，1878—1945）运到了伦敦英国博物馆（1972 年后改藏英国图书馆）和法国巴黎图书馆，保存在国内的已极少。

对于这些历本，法国沙畹（E. Chavannes，1865—1918）[3]，中国王重民（1903—1975）[4]，日本薮内清[5]和藤枝晃[6]都做过一些研究，尤其是藤枝晃，他不但收集了历本，而且将敦煌文献中有年、月、日的记载全部录出，很系统。不过，从施萍亭的最近研究[7]来看，藤枝晃仍有遗漏和不妥之处。

本文即在藤枝晃和施萍亭研究的基础上，就历谱方面的已有成果予以列表概括，并就断定年代的方法予以详细论证。

中国古代所使用的历本，要比我们现在的月历、日历复杂得多，除给出年份、各月大小、闰月安排、日名干支、晦朔弦望、廿四节气、昼夜长短及日出入时刻等天文内容外，还有大量的关于各日吉凶、宜忌用事等供占卜、选择用的事项，这些内容称之为“历注”。历注的内容由简到繁，而唐代一行（683—727）的大衍历是个转折点[8]。敦煌发现的历本基本上在大衍历之后，都有历注，所以叫“具注历”。一份完整的具注历，不但有天文和星占学上的意义，而且有民俗学上的意义。可惜现在的历本大都残缺不全，有明确年份的很少。怎样由断简残篇来确定该历本的年份，这大有学问。根据前人的不断摸索，我们可以总结出以下几种方法：

a. 有明确纪年，一望即知。例如，英国图书馆藏的 S1473 号卷子（图 1）一开头写有“太平兴国七年壬午岁具注历日并序”，不用研究，即知此为 982 年历本。但将其序言中所记各月大小和由残存日历推知的朔日干支，与陈垣（1880—1971）《二十史朔闰表》中所载由当时中原使用的历法推得的朔日干支相比时发现，正、二、三、五、八、十、十一和闰十二月的朔日，敦煌历比中原历各早一日。在一年中，竟有三分之二的月份，其朔日不一致。而且不止 1 份如此。在有明确年代的 8 份卷子（A.D.922，926，956，959，981，982，986，993）中，竟没有 1 份是和中原历完全吻合的！这是由于安史之乱（755—763）以后，中央政权对于这一地区已是鞭长莫及，终于在 786 年沦入吐蕃之手，其后，848 年当地汉人豪族张议潮趁吐蕃内讧之机起兵与吐蕃对峙，并于 851 年成为归义军节度使，受唐封位；922 年张氏政权为曹议金所代，924 年受后唐册封，仍为归义军节度使。但此一时期在敦煌和长安之间有一西夏存在，张、曹政权好像孤岛一样存

---

* 合作者：邓文宽

S.1473 /1

太平興國七年（982）具注曆日並序

图 1

S.2404 /1

图 2

甲申歲（924）具注曆日

在于西部地区,和中央联系很困难,他们所用的历本大都是根据中原历法在本地区编的,因而朔、闰往往稍有差异。

b.由年九宫决定年干支。在敦煌卷子 S2404(图 2、图 3)具注历中,不幸年份部分脱落,但在序言中有"九宫之中,年起五宫,月起四宫,日起二宫",并绘有一图。为了研究方便,将此图重绘如图 4,并加数码。

此图名九宫图,在汉朝已经有了,133 年张衡(78—139)《请禁绝图谶疏》中就有"臣闻圣人明审律历以定吉凶,重之以卜筮,杂之以九宫,经天验道,本尽于此"[9]。所谓"年起五宫",是因为居中央的黄色,按数字编号为 5,数字与颜色的对应关系为:1 白,2 黑,3 碧,4 绿,5 黄,6 白,7 赤,8 白,9 紫。将每格的数字减 1,并换成其对应的颜色,即得次年的九宫图(图 5);如此递减,可得九幅不同的九宫图。按图 6 移位办法,也可同样得到九幅不同的九宫图,这叫"太一行九宫"。

绿(4)	紫(9)	黑(2)
碧(3)	黄(5)	赤(7)
白(8)	白(1)	白(6)

图 4

碧(3)	白(8)	白(1)
黑(2)	绿(4)	白(6)
赤(7)	紫(9)	黄(5)

图 5

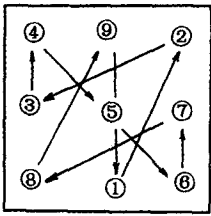



图 6

九与六十的最小公倍数为一百八十,故干支纪年与九宫纪年的关系为一百八十年一个周期。又因一百八十年为六十的三倍,故又有上、中、下三元甲子之称。若上元甲子年为一宫(即 1 白居中),由中元甲子年为四宫(4 绿居中),下元甲子年为七宫(7 赤居中),因九除六十余六,$1+(9-6)=4, 4+(9-6)=7$。上、中、下三元九宫与干支的关系见表 2。

要利用表 2,首先得知道第一个上元的年份。按照算命先生的说法,这要由天意来决定,它被定在隋仁寿四年(604)。往下推,1864 年为上元甲子,1924 年为中元甲子,1984 年为下元甲子。在本文所讨论的范围内,784—843 年属上元,844—903 年属中元,904—963 年属下元。如果我们有办法知道某一残历在哪一历元范围内,就可以用表 2 来断定其年代。S2404 残历上正好保存有"随军参谋翟奉达撰"字样。据向达(1900—1966)研究[10],翟奉达生于 883 年,902 年时他仅 20 岁,因此残历 S2404 应属于 904 至 963 年下元范围内。在此范围内,与九宫图 5 黄居中对应的年干支应为下列 7 者之一:3(丙寅),12(乙亥),21(甲申),30(癸巳),39(壬寅),48(辛亥)或 57(庚申)。

表 1　干支表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○	甲子	乙丑	丙寅	丁卯	戊辰	己巳	庚午	辛未	壬申	癸酉
10	甲戌	乙亥	丙子	丁丑	戊寅	己卯	庚辰	辛巳	壬午	癸未
20	甲申	乙酉	丙戌	丁亥	戊子	己丑	庚寅	辛卯	壬辰	癸巳
30	甲午	乙未	丙申	丁酉	戊戌	己亥	庚子	辛丑	壬寅	癸卯
40	甲辰	乙巳	丙午	丁未	戊申	己酉	庚戌	辛亥	壬子	癸丑
50	甲寅	乙卯	丙辰	丁巳	戊午	己未	庚申	辛酉	壬戌	癸亥

十天干:甲,乙,丙,丁,戊,己,庚,辛,壬,癸。

十二地支：子，丑，寅，卯，辰，巳，午，未，申，酉，戌，亥。

表 2　年干支与九宫关系表

	括号内为中宫颜色数								
上　　元 中　　元 下　　元	(1) (4) (7)	(9) (3) (6)	(8) (2) (5)	(7) (1) (4)	(6) (9) (3)	(5) (8) (2)	(4) (7) (1)	(3) (6) (9)	(2) (5) (8)
干支序数	1 10 19 28 37 46 55	2 11 20 29 38 47 56	3 12 21 30 39 48 57	4 13 22 31 40 49 58	5 14 23 32 41 50 59	6 15 24 33 42 51 60	7 16 25 34 43 52	8 17 26 35 44 53	9 18 27 36 45 54

如果不能确定属于上、中、下哪一元，也可以利用表 2，不过一个九宫图所对应的年干支就有 20～21 个之多，更难确定具体年份了。

c. 由月九宫求年地支。部分具注历每月的开头也有个九宫图。因为 $4\times9=3\times12$，故九宫图每九个月循环一次，三年完成一次大循环，第四年正月和第一年正月的九宫图一样。但三年只是以十二支命名的十二年的四分之一，故一个九宫图对应四个年地支。根据中国历法传统，以含有冬至的十一月建子之月为岁首，1 白居中宫，十二月建丑 9 紫居中宫，甲子年的正月建寅 8 白居中宫。这样，九宫图和年地支就有表 3 的关系。

表 3　月九宫与年地支的关系

正月九宫图中宫颜色序号 Z_1	年地支
8 白	子卯午酉
5 黄	丑辰未戌
2 黑	寅巳申亥

从表 3 得知，S2404 中的“月起四宫”是错误的，只有“月起二宫”才能与“年起五宫”相吻合，所对应的年地支为寅、巳、申或亥。

设一年中第 n 月的月九宫图中宫的颜色为 Zn，正月中宫的颜色为 Z_1，则

$$Z_1 = Zn + (n-1) \tag{1}$$

其中 $n=2,3,4,5,\cdots,9$，10 月可当做 1 月，11 月可当做 2，12 月可当做 3。因此，只要知道任何一个月的九宫图，就可求出相应的年地支。

d. 由月天干求年天干。中国古时不仅以干支纪年，也以干支纪月。因为一年有十二个月(闰月无干支和九宫图)，故十二支与十二月的关系是固定的，如正月建寅，二月建卯，……十二月建丑。因 $5\times12=6\times10$，故月天干五年一循环，每一月天干对应两个年天干，在 S0612 背面有“五子元例正建法”说明这种关系。其文曰：

甲、己之年丙作首，乙、庚之岁戊为头；
丙、辛之年庚次第，丁、壬还作顺行流；
戊、癸既从运位起，正月须向甲寅求。

解放前算命先生所用的歌诀，与此大同小异，头两句完全一样，后四句是“丙、辛必定寻庚起，丁、壬壬位顺行流；更有戊、癸何方觉，甲寅之上好追求”。把这些歌诀用表格表示出来(见表4)，更一目了然。

表4　正月干支与年天干的关系表

正月			年天干
干支序数	干支		
3	丙	寅	甲　己
15	戊	寅	乙　庚
27	庚	寅	丙　辛
39	壬	寅	丁　壬
51	甲	寅	戊　癸

设一年中第 n 月的干支序数为 g_n，正月干支序数为 g_1，则

$$g_1 = g_n - (n-1) \tag{2}$$

其中 $n=2,3,4,5,\cdots,12$。因此，只要知道任何一个月的干支，就可用公式(2)和表1、表4求出其年天干。例如，S2404中有“正月小，建丙寅”，由此得出其年天干为甲或己。将此结果与由(b)所得的七个干支结合来看，只有一个甲申是共同的。由此我们可以确认这份残历属后唐同光二年甲申岁，即924年的历谱。

e.朔闰对比。如(a)所述，将敦煌具注历中的朔、闰与陈垣《二十史朔闰表》中的朔日、干支对照时经常有一两日之差，闰月对照时有一两月之差。但在用(b)，(c)，(d)法求出其可能的年干支后，仍可用这个办法寻找其最佳吻合者，确定其年代。例如，抄在S1439背面的历日，残存正月初一日到五月二十四日的部分，由正月建甲寅，知年天干为戊或癸，以此与晚唐至宋初期间戊、癸年的朔闰干支对比，薮内清和藤枝晃都把它断为唐大中十二年戊寅岁(858年)，虽然此历闰正月比《二十史朔闰表》中闰二月早一月，五月朔迟一日。

f.星期对比。中国古代不用星期制度，惟独这一段时间用，常常将星期日用红颜色的“密”字注出。据S2404序言中的“推七曜直用日吉凶法”，当时七曜的名称为：第一“密”，太阳直日；第二“莫”，太阴直日；第三“云汉”，火星直日；第四“嘀”，水星直日；第五“温没斯”，木星直日；第六“那颉”，金星直日；第七“鸡缓”，土星直日。759年在华印度僧人不空(Amoghavajra)译的《宿曜经》称这些名词为胡语。1913年沙畹和伯希和考证[11]，认为这里所说的胡人系指住在西域康居国(今苏联乌兹别克共和国撒马尔罕一带)说苏格底(Sogdian)语的民族。这七个名词的苏格底语是Mir，Map，Wipan，Tir，Wrmzt，Nagit，Kewan，发音与S2404中的相近。不过最近也有人认为，这些名词来源于波斯语，Mi即Mithras的第一个音节[12]。

苏格底、希腊、罗马、波斯的星期日制度都有一个共同起源，均以公元元年1月1日为星期日，这一天相当于汉元寿二年十一月十九日。根据这一事实，陈垣在《二十史朔闰表》中也附载了“日曜表”，可以用来查考中国历史上的某日属星期几。在可能的年份知道以后，我们也可以利用这个表来确定残历的具体年代。例如，S1439上的历谱，薮内清和藤枝晃用(d)和(e)法定

为858年；我们又在二月二日上发现一“密”字，用陈垣的表一查，858年二月初二日果然是星期日，进一步确认了他们两人的断定是正确的。

g.利用年神方位定年干支。最近出版的陈遵妫《中国天文学史》第三册第七编第三章中有岁德方位、金神方位和年天干的关系，太岁等年神方位和年地支的关系。现将其稍作修正，转录如下：（见表5、表6）

表5　太岁等年神方位和年地支的关系

年神＼年地支	子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥
1.太　岁	子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥
2.太　阴	戌	亥	子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉
3.大将军	酉	酉	子	子	子	卯	卯	卯	午	午	午	酉
4.黄　旛	辰	丑	戌	未	辰	丑	戌	未	辰	丑	戌	未
5.豹　尾	戌	未	辰	丑	戌	未	辰	丑	戌	未	辰	丑
6.岁　杀	未	辰	丑	戌	未	辰	丑	戌	未	辰	丑	戌
7.岁　刑	卯	戌	巳	子	辰	申	午	丑	寅	酉	未	亥
8.岁　破	午	未	申	酉	戌	亥	子	丑	寅	卯	辰	巳
9.奏　书	乾	乾	艮	艮	艮	巽	巽	巽	坤	坤	坤	乾
10.博　士	巽	巽	坤	坤	坤	乾	乾	乾	艮	艮	艮	巽
11.力　士	艮	艮	巽	巽	巽	坤	坤	坤	乾	乾	乾	艮
12.蚕　室	坤	坤	乾	乾	乾	艮	艮	艮	巽	巽	巽	坤
13.蚕　官	未	未	戌	戌	戌	丑	丑	丑	辰	辰	辰	未
14.蚕　命	申	申	亥	亥	亥	寅	寅	寅	巳	巳	巳	申
15.丧　门	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥	子	丑
16.白　虎	申	酉	戌	亥	子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未
17.官　符	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥	子	丑	寅	卯
18.病　符	亥	子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌
19.死　符	巳	午	未	申	酉	戌	亥	子	丑	寅	卯	辰
20.劫　杀	巳	寅	亥	申	巳	寅	亥	申	巳	寅	亥	申
21.灾　杀	午	卯	子	酉	午	卯	子	酉	午	卯	子	酉
22.大　杀	子	酉	午	卯	子	酉	午	卯	子	酉	午	卯
23.飞　廉	申	酉	戌	巳	午	未	寅	卯	辰	亥	子	丑

表6　岁德等年神方位和年天干的关系

年天干	岁德方位	金神方位
甲，己	甲	午，未，申，酉
乙，庚	庚	辰，巳
丙，辛	丙	子，丑，寅，卯，午，未
丁，壬	壬	寅，卯，戌，亥
戊，癸	戊	子，丑，申，酉

S2404残历中有“今年岁德在甲”,“今年太岁在申,太阴在午,……”等记载,由此亦可得出此年为甲申,与由(b),(d)法所断定者一致。

最后,我们再举综合运用以上几种方法的一个例子,作为本文的结束。在罗振玉《贞松堂藏西陲秘籍丛残》中刊有正月二十八日至二月二十二日不足一月的一段日历,看看如何决定它的年份。

1. 由二月九宫图1白居中,根据方法(c)得知正月为二黑居中,年地支为寅,巳,申或亥。

2. 由二月建丁卯,根据方法(d)得知正月建丙寅,年天干为甲或己。

3. 将(2)和(1)结合,利用表1可得年干支为甲寅,甲申,己巳或己亥。

4. 将历表中的“正月大,癸亥朔”,“二月小,癸酉朔”,以及由此推出的三月壬寅朔,与陈垣《二十史朔闰表》中晚唐至宋初一段中甲寅、甲申、己巳、己亥之年这两个月的朔日干支进行对比,发现与后唐天福四年己亥岁(939年)的一致。

5. 在二月初三、初十、十七这三天的顶部注有红色“密”字,将之与陈垣书中939年的日曜表进行对比,果然也是吻合的,从而我们可最后断定这份最短的残历属于939年。

就像这个例子一样,我们将至今所收集到的39项材料一一做了研究,现将结果按年代顺序汇总在表7中。

在表7第五栏中,S表示斯坦因收藏,P表示伯希和收藏,L表示罗振玉收藏,“背”表示写在卷子的背面。第六栏“4:12—6:1”表示残存4月12日至6月1日的历谱。第八栏S表示朔,R表示闰,“-1”表示敦煌历比中原历早一日或一月,“+1”表示迟一日或一月。第十栏F表示藤枝晃,Ff表示藤文照片;S表示施萍亭,St表示施文中的表,Y表示薮内清,L表示罗振玉,W表示王重民。序号前加“△”者表示原件有明确的纪年。此外,第4,5,6,15,20诸件,因原历提供条件太少,所定年代可信度较小,暂作如此断定,有待进一步研究。

表7　敦煌历书年表

序号	帝王纪年	干支纪年	公元	资料来源	现存内容	编写者	朔闰情况	方法	备注
1	北魏太平真君十一年	庚寅	450	《大陆杂志》第1卷第9期苏莹辉文	1—12月		相同	a	藤施未著录
2	北魏太平真君十二年	辛卯	451	同上	1—12月		同上	a	同上
	吐蕃占领时期								
3	唐元和三年	戊子	808	S－Tib. 109(残)	4:12—6:1		朔各早一日	d+e	F
4	唐元和四年	己丑	809	P3900背(残)	4:11—6:6		闰4S+1, 6S－1	e	S
5	唐元和十四年	己亥	819	S3824(残)	5:18—6:9		5S,7S－1	d+e	藤误为876
6	唐长庆元年	辛丑	821	P2583(残)	2:28—4:1		相同	e	Ff1+St14
7	唐大和三年	巳酉	829	P2797背(残)	11:22—12:5		S12－1	a+e	藤、施均未著录,照片4
8	唐大和八年	甲寅	834	P2765(残)	1:1—4:7		1S,4S－1, 11S+1	a+e+f	Ff2+St15
	张氏政权时期								
9	唐大中十二年	戊寅	858	S1439背(残)	1:1—5:24		5S+1,R－1	d+e+f	Ff3 + Y3 + St16
10	唐咸通五年	甲申	864	P3284背(残)	1:1—5:21		相同	d+e+f	St17
11	唐乾符四年	丁酉	877	S－P.6(残)	2:11—12:30		相同	a+c+d+e+f	Ff4
12	唐中和二年	壬寅	882	S－P.10(残)	只剩标题				Ff5,来自成都
13	唐光启四年	戊申	888	P3492(残)	9:7—11:29		9S,11S+1	d+e	St18
14	唐大顺元年	庚戌	890	L3(残)	2:1—2:4		8S+1	d+e	Ff6+St19
15	唐景福元年	壬子	892	P4983(残)	11:29—12:30	王文君书	11S+1	d+e	St20

续 表

16	唐景福二年	癸丑	893	P4996+P3476(残)	4:17~12:29	吕定德写	R+1;6S、闰6S、7S、9S、11S、12S+1,8S、12S+2	d+e+f	Ff7+St21
17	唐乾宁二年	乙卯	895	P5548(残)	3:4—10:7		3S、5S、7S+1,8S-11S+2	e+d+f	St22
18	唐乾宁四年	丁巳	897	P3248(残)	3:6—8:10		1S、2S+1	e+d+f	Ff8+St23
19	唐乾宁四年	丁巳	897	L4(残)	1:1—4:29		1S,2S+1	d+e	F,罗误为990
20	唐天复五年	乙丑	905	P2506背(残)	1:1—2:18		1S+2,2S+1	d+e	St24
	曹氏政权时期								
△21	后梁贞明八年[①]	壬午	922	P3555(残)	1:2—5:26		2S-1	a	St5
22	后梁龙德三年[②]	癸未	923	P3555B14(残)	10:1—12:30		10S+2,11S,12S+1	d+e	藤、施未著录,照片5
23	后唐同光二年	甲申	924	S2404(残)	1:1—1:4	翟奉达编	1-3S,11S+1,7S,9S-1	b+c+d+e+f+g	Ff9+St25
△24	后唐同光四年	丙戌	926	3247背+L1(全)	全 年	翟奉达编	R+1,2S,4S,6-8S,10-11S-1;9S,12S-2	a	Ff10+W+St6
25	后唐天成三年	戊子	928	向达书438页(残)	只有序言	翟奉达编		a	F
26	后唐长兴四年	癸巳	933	S0276(残)	3:10—7:13		7S+1	c+d+e+f	Ff11+Y2+St26
27	后晋天福四年	己亥	939	L2(残)	1:28—2:22		3S-1	c+d+e+f	F+St27
28	后晋天福九年	甲辰	944	P2591(残)	4:8—6:1		5-75+1	c+d+e+f	Ff12+St28
29	后晋天福十年	乙巳	945	S0560(残)	只留标题			a	F
30	后晋天福十年	乙巳	945	S0681背(残)	1:1—2:12		8S+1	b+c+d+e+f	Ff13+Y1+St29
△31	后周显德三年	丙辰	956	S0095(全)	全年	翟奉达编	1-3S,10S,12S-1;8S+1	a	Ff14+St7

续 表

△32	后周显德六年	己未	959	P2623(残)	1:1—1:3	翟奉达编	2S + 1; 6S, 8S-1	a	Ff15+St8
33	宋太平兴国三年	戊寅	978	S0612(残)	只留标题和序言	王文坦编		a	Ff16
△34	宋太平兴国六年	辛巳	981	S6886背(全)	全年		1S - 1; 6S, 8S, 9S+1	a	Ff17+St9
△35	宋太平兴国七年	壬午	982	S1473(残)	1:1—5:1	翟文进编	1 - 3S, 5S, 8S, 10S, 11S, 闰12S-1	a	Sf18+St10
△36	宋雍熙三年	丙戌	986	P3403(全)	全年	安彦存编	2S, 6S, 7S, 12S-1	a	Ff19+St11
37	宋端拱二年	己丑	989	S3985(残)	只留标题			a	
38	宋端拱二年	己丑	989	P2705(残)	10:18—12:29		11S, 12A+1	c+d+e+f	Ff20+St31
△39	宋淳化四年	癸巳	993	P3507(残)	1:1—3:23		R+1, 4S-1, 8S, 10S, 11S, 闰11S, 12S+1	a	Ff21+St12

①按后梁于贞明七年五月朔已改年号为龙德,所谓贞明八年即龙德二年,敦煌与中原交通不便,不知梁已改元,仍用贞明。

②此件为双栏书写,现仅存上半部分。

参 考 文 献

[1] 陈久金、陈美东.临沂出土汉初古历初探.文物,1974(3):59—61

[2] 陈梦家.汉简年历表叙.考古学报,1665(2):103—149

[3] E. Chavanes. Documents Chinoiseses Decouvertes Par A. Steiu, Paris, 1913.

[4] 王重民.敦煌本历日之研究.东方杂志,1937,34(6):13—20

[5] 薮内清.斯坦因敦煌文献中之历书.东方学报(京都),1964(35):543—549;.中国的天文历法.东京:平凡社,1969,192—201

[6] 藤枝晃.敦煌历日谱.东方学报(京都).1973(45):377—441

[7] 施萍亭.敦煌历日研究.1983年8月在中国敦煌吐鲁番学会成立大会暨学术讨论会上的报告,已收入此次会议论文集.

[8] 张培瑜等.古代历注简论.南京大学学报(自然科学版),1984(1):101—108

[9] 《后汉书》卷59《张衡传》。

[10] 向达.唐代长安与西域文明.北京:三联书店,1957.437—439

[11] E. Chavanes aud P. Pelliot. Uu Traite Manicheen Retrouve en Chine. Journal Asiatigue; Ⅱ Sèvie, t1.1913.162

[12] Ho Peng Yoke. *Li, Qi and Shu* (An Introduction to Science and Civilization in China), Hong Kong University Press, 1985, 163

〔原刊《中国历史博物馆馆刊》,总第12期,1989〕

《中国古代天文学史略》序

最近 10 年来，国内出版了不少关于中国天文学史的书，计有：(1)《中国天文学简史》，天津科学技术出版社，1979 年版；(2)《中国天文学史》，北京科学出版社，1981 年版；(3)《天文史话》，上海科学技术出版社，1981 年版。以上三书均为中国天文学史整理研究小组编写。(4) 陈遵妫《中国天文学史》第一、二、三册，上海人民出版社，1980、1982、1984 年版。(5) 刘昭民《中华天文学发展史》，台北商务印书馆，1985 年版。(6) 北京天文馆《中国古代天文学成就》，北京科学技术出版社，1987 年版。

出版了这么多书之后，再出版一本题材类同的《中国古代天文学史略》，有没有必要？会不会炒冷饭？

我是带着这样的疑问来读这部书稿的。读毕，感到并非炒冷饭，而且很有必要。因为本书凝聚了作者 20 多年来研究中国天文学史的心血，且深入浅出地把许多深奥的问题写得引人入胜，真可谓曲尽其妙、雅俗共赏。本书共十章，其中第七章“古代天象纪录的应用研究”和第八章“古代天文学对外域的影响”的内容是以前各书均未涉及的。其余各章也很有特色，如第四章“古历解读”对中国历法史的分期，就独具慧眼，别开生面。纵观全书，既充满着作者研究的心得，又不囿于一己之见，而是博采众议，将各位学者的最新研究成果一并介绍给读者，同时指出哪些问题目前还无人研究，哪些问题还值得探讨，使人读后既学得知识，又受到启迪。

作者刘金沂同志于 1964 年在南京大学天文系毕业后，到北京中国科学院自然科学史研究所工作，1987 年 1 月底不幸英年早逝，享年仅 45 岁。在这 45 年中，我和他一起共事 23 个春秋。他比我年轻，也比我聪明，风里雨里，他都给过我赤诚的帮助。他极端热忱，乐于助人，即使对素不相识的来访者，他也会放下手边的工作，去认真解答他们的问题。他曾给长春市一个集体所有制小厂的工人写了几十封信，辅导这位工人读完天文专业的主要课程，使这个人写出 30 多篇文章。后来经有关部门批准，该同志调到中国科学院长春人造卫星观测站工作，被吉林省评为自学成才的标兵。而刘金沂和这个人从未见过面，也没收过任何报酬。这个人从《天文爱好者》杂志上得到刘金沂去世的消息后，写了封信给我，我才知道此事。为了科学事业，不计名利，扶植后人，其精神可敬，可叹。

一个对同志极端热忱的人，对工作也会极端负责，刘金沂正是如此。他热爱自己的专业，发表过许多有创见性的论文，得到国内外同仁的好评；他做过大量的科普工作，受到中国历史学会、中国出版工作者协会、北京市科学技术协会、北京市教育局等许多单位的奖励。就在得了肝癌，身患不治之症以后，仍孜孜不倦地工作，探讨天文学史上的各种问题。本书就是他在最后一息写成的，后经他爱人赵澄秋同志整理，由河北科学技术出版社出版面世。我认为这是中国天文学史界的一件好事，为此写几句话，将其人其书推荐给广大读者。是为序。

1987 年 4 月 18 日

〔刘金沂著：《中国古代天文学史略》，石家庄，河北科技出版社，1990〕

《当代国外天文学哲学》序

自然辩证法的奠基者恩格斯曾经建议德国人“最好是首先了解一下国外所获得的成就”,编选那些“对德国尚属新鲜的具有宝贵内容的著作”,因为“只有他们在知道了他们之前已经做了一些什么以后,他们才能表明他们自己能够做些什么”(《〈傅立叶论商业的片断〉的前言和结束语》)。于光远同志为了编好中国的《自然辩证法百科全书》,鼓励编写人员首先了解一下各国哲学百科中各有关条目的写法以及当今国外自然科学哲学问题的新进展,这一做法是完全符合恩格斯的上述教导的。奉献在读者面前的这本《当代国外天文学哲学》,就是天文学哲学编写组在完成这项任务的时候所积累的部分材料。我们觉得这些材料,不但作者可以参考,广大读者也可以从中汲取丰富的营养,因而决意把它公开出版。

这本书不仅包括有外国几种百科全书中有关天文学的一些条目,还有二十几篇译文,诸如《自然科学中的美以及对美的追求》,《基本无量纲数和生命存在的可能性》,《黑洞佯谬》,《世界有限－无限的二律背反和现代科学认识》,《爆胀宇宙理论及其哲学意义》等文章,都反映了国外的最新研究成果,一定能引起读者们的兴趣。

当然,书中的观点不一定都正确,译文质量也参差不齐。但是,我们相信,这本书的读者都具有较高的文化水平,会有清醒的头脑和分析的能力,能够去其糟粕,取其精华,用来开阔自己的眼界,充实、提高自己的研究内容,使天文学哲学的研究在我国能更上一层楼。

1988 年 3 月 18 日

〔殷登祥等译:《当代国外天文学哲学》,北京,知识出版社,1991〕

陈子模型和早期对于太阳的测量*

一 引 言

本文作者之一从《周髀算经》卷上陈子和荣方的对话：

> 夏至南万六千里(x_0)，冬至南十三万五千里，日中立竿测影。此一者，天道之数。周髀长八尺(h)，夏至之日，晷一尺六寸(λ_0)。髀者，股也；正晷者，勾也。正南千里($x_1 = x_0 - 1\,000$ 里)勾一尺五寸(λ_1)，正北千里($x_2 = x_0 + 1\,000$ 里)勾一尺七寸(λ_2)。

得出这里有三组相似直角三角形的关系，如图 1 所示：

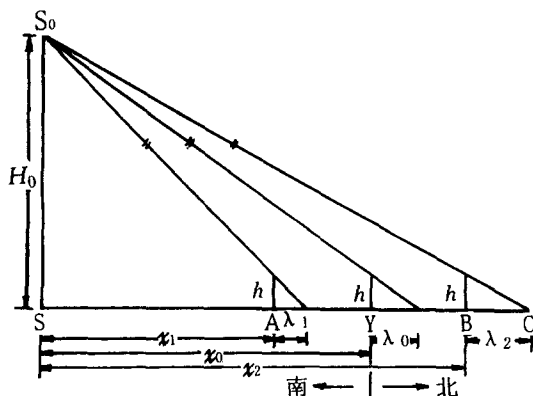
图 1 陈子模型中三个直角三角形的相似关系

图 1 中 H_0 为太阳的垂直高度(垂高)，h 为髀(表)高，x_1, x_0, x_2 为各表至日下无影处的距离；$\lambda_1, \lambda_0, \lambda_2$ 为各测点夏至日中午时的日影长度，即“正晷”。由图 1 得：

$$\frac{H_0}{h} = \frac{x_1 + \lambda_1}{\lambda_1} = \frac{x_0 + \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{x_2 + \lambda_2}{\lambda_2}$$

即
$$\frac{H_0 - h}{h} = \frac{x_1}{\lambda_1} = \frac{x_0}{\lambda_0} = \frac{x_2}{\lambda_2} = \frac{x_2 - x_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

故有
$$x_2 - x_1 = \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_0}\right) x_0 \qquad (1)$$

这是陈子模型的基本公式。由这公式，陈子把对日影的测量与太阳的运行建立了一个解析性的关系。在天地一一对应的假设下，他因此可以由实际日影的测量而推算太阳在不同季节的位置[1]。

由这关系，陈子对太阳多方面的现象作了分析。这些现象正是荣方和陈子对话一开头所提出来的一连串问题：

> 日之高大，光之所照，一日所行，远近之数，人所望见，四极之穷，列星之宿，天地之广袤。

本文的目的是分析陈子如何利用公式(1)的关系，推导出对这些问题的解释。

---

* 合作者：程贞一

二　陈子模型及其应用

A　陈子模型的基本假设

陈子模型假设太阳在一平面环绕北极旋转,这平面与地平行,而地平不动。太阳的位置在每年同一时间,譬如夏至,出现在同一位置而其光以直线放射。在这些假设之下,陈子公式的推导是正确的,在数学上没有任何省略。为表明日影差 $\lambda_2-\lambda_1$ 与髀位差 x_2-x_1 的关系,陈子公式可改写为:

$$x_2-x_1=\frac{x_0}{\lambda_0}(\lambda_2-\lambda_1) \tag{1}$$

由此可见,要利用这公式以所测量的日影差求髀位差来分析太阳的位置,必须先确定夏至中午日影长度为零的地点与观测地点之间的距离 x_0,以及当时观测地日影长 λ_0。

由上所引陈子的话可知 $x_0=16\ 000$ 里,$\lambda_0=16$ 寸。把此两数代入陈子公式(1′)即得

$$x_2-x_1=1\ 000(\lambda_2-\lambda_1)\text{里/寸}$$

这就是陈子推演的结论“于地千里而日影差一寸”[2]。我们需要知道这两个数据的来源,确定这两数与实际测量是否有关。

图 2　太阳与观测地的关系

(N 为北极,C 为地心,EE 为赤道,HH 为地平圈,Z 为天顶,θ 为太阳的地平角高度)

陈子观测的地点可能是周的东都洛阳。现在我们知道,此地的地理纬度 $\phi=34°46'$。由此纬度可推算出 λ_0 和 x_0 的数据。图 2 示明,太阳的地平角高度 θ 与观测地点纬度 ϕ 的关系。由图 2 得

$$\theta=\widehat{SH}=90°-\widehat{ZS}$$

$$\phi=\widehat{HN}=90°-\widehat{NZ}$$

但太阳赤纬 δ 为

$$\delta=\widehat{SE}=90°-\widehat{NZ}-\widehat{ZS}$$

故　$\theta=90°-(\phi-\delta)$　　(2)

以陈子的假设,由图 3 得

图 3　周髀测日影

(h 为髀高,λ_0 为日影长,S_0 为太阳)

$$\tan\theta=\frac{h}{\lambda_0} \tag{3}$$

由(2)代 θ 入(3)得

$$\lambda_0=h\cot\theta=h\cot[90°-(\phi-\delta)]$$

$$=h\tan(\phi-\delta) \tag{4}$$

陈子观测的时间是在夏至日中午,那时太阳的赤纬 σ 恰等于黄赤交角。将现在 $\delta=23°27'$ 的数值代入(4)得

$$\lambda_0=8\tan(34°46'-23°27')$$

$$=8\tan 11°19'=1.600\ 95(\text{尺}) \tag{5}$$

这正符合“晷一尺六寸”。可是陈子时代的

黄赤交角较大，如在公元前5世纪，这交角应为23°46′，日影 λ_0 则变为1.56尺，小于1.6尺。这误差可能是由于表不直，地面不平，测量方位不是正南北等因素引起。故不能排除1.6尺确系实测结果。在 $\phi=34°$附近，子午线1°的长为111.2千米。故

$$x_0=111.2\times(34°46'-23°27')\text{千米}=1\ 256.6\text{千米} \tag{6}$$

1千米约大于古代2里(古代里比现代里略小)。因此16 000里比实际距离约大6.37倍。在陈子时代要测量地面两点相距很远的距离，是非常困难的，因为山丘水泽实际行程距离与平面距离总是相差很多，故无法判断此数是否建立于测量上。上引陈子之话有"此一者，天道之数"。由此可知，此数是他所采用的，并不是他自己所求得的。事实上，整个陈子模型理论与这距离之实际数字并无关系，但这理论所得的计算结果与此数有比例关系。因此，x_0 在陈子模型中可以作为一个定标系数(scaling parameter)，陈子对太阳一些现象的分析均可用 x_0 来表达而不变更陈子原有的理论。

B 对太阳周年视运动的分析

由上述陈子模型中的平行假设，陈子可利用天地对应的关系，由洛阳观测地所测太阳在不同轨道的日影而分析太阳不同轨道之间的距离，因此可求得太阳周日轨道在一年之内的逐渐迁移。

如图4所示，陈子的观测地点洛阳不在北极之下N点，而在北极之南的Y点。这两点间的距离NY可由在洛阳观测北极之勾长而得。

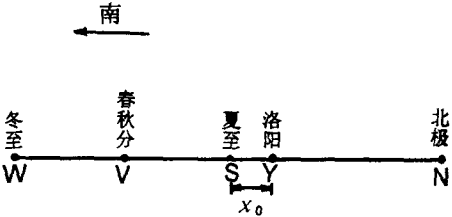



图4 北极N与观测地洛阳Y观测夏至S和冬至W之间的距离关系示意图

陈子说：

今立表高八尺，以望极，其勾一丈三寸。

由公式(1)得

$$\text{NY}=x_N-x_Y=\left(\frac{103-0}{16}\right)x_0=6.437\ 5\ x_0 \tag{7}$$

因此，夏至日道半径NS为

$$\text{NS}=\text{NY}+\text{YS}=6.437\ 5\ x_0+x_0=7.437\ 5\ x_0 \tag{8}$$

冬至由洛阳观测的距离YW为

$$\text{YW}=x_\text{W}-x_\text{Y}=\left(\frac{135-0}{16}\right)x_0=8.437\ 5\ x_0 \tag{9}$$

因此冬至日道半径NW为

$$\text{NW}=\text{NY}+\text{YW}=14.875\ x_0$$

春秋分太阳的轨道正在冬夏至太阳轨道的中间，因此春秋分日道半径NV为

$$\text{NV}=\frac{1}{2}(\text{NS}+\text{NW})=11.156\ 25\ x_0 \tag{10}$$

如把陈子所采用的距离16 000里代入(8)，(9)和(10)的 x_0，即得夏至日道半径119 000里，春秋分日道半径178 500里和冬至日道半径238 000里。如把实际数值1 256.6千米代入以上公式的 x_0，则得夏至日道半径9 345.96千米，春秋分日道半径14 018.94千米和冬至日道半径18 691.93千米。由此可见，陈子模型由日影的测量可说明太阳绕北极的轨道半径随时在变化：在一年中间，由夏至最小逐渐增大，经过秋分日道半径，到冬至时最大，比夏至时大一

倍，即 NW＝2NS；然后再逐渐缩小，经过春分日道半径，再回到夏至日道半径。

C　光和声在陈子模型中的应用

为了解释太阳周日视运动和昼夜现象，陈子对光的性质作了一些分析。他认为光与声在性质上是类似的，因此光的性质可由声的知识求得。正如声音播达的范围是有限的，如人所听闻远近，宜如声音所播，陈子说“人所望见远近，宜如日光所照”。为了求定日光所照的范围，陈子说：“冬至夏至，观律之数，听钟之音。”那就是说，以音律之数求日照的范围。公元 3 世纪赵君卿注上录陈子之语时说：“观律数之生，听钟音之变，知寒暑之极，明代序之化也。”

古代生律之数为八十一[3]。《管子·地员》叙述五声生成之法说：

> 凡将起五音，先主一而三之，四开以合九九。以是生黄钟小素之首，以成宫。

陈子采用这生律之数的方法，把太阳运行所占及日光所照的整个范围的直径定为 81 万里。他说：

> 冬至昼，夏至夜，差数及日光所还观之，四极径八十一万里，周二百四十三万里。

由此 81 万里和冬至日道半径 238 000 里，陈子求得太阳的光照半径 r_1 为

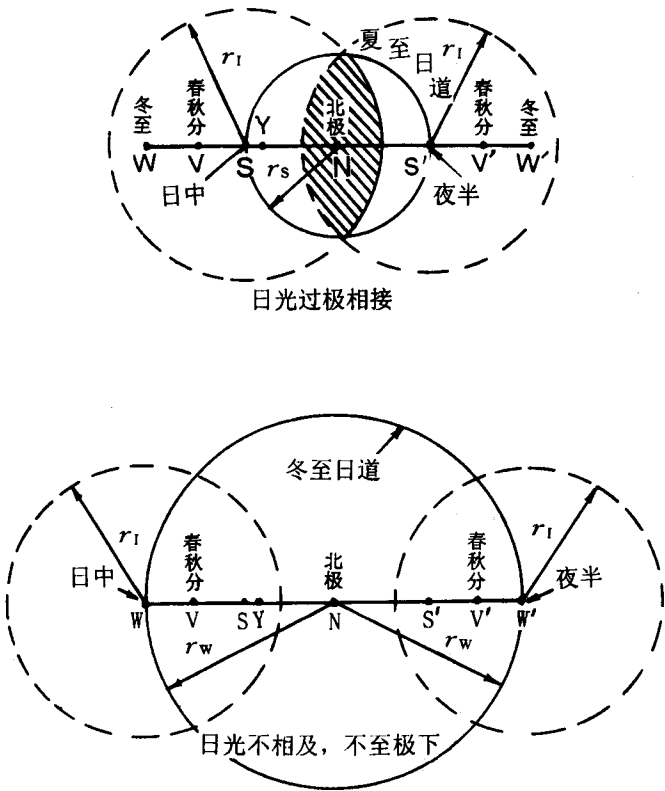



图 5　陈子模型夏至与冬至时日中与夜半太阳光照的范围

r_s 和 r_w 分别为夏至日道和冬至日道的半径，r_1 是光照半径

$$r_1 = \left(\frac{1}{2} \times 810\ 000 - 238\ 000\right)\text{里}$$
$$= 167\ 000\ \text{里}$$

由这光照半径，陈子模型大致上可解释昼夜现象及昼夜长短随着太阳轨道迁移的变化。图5解释夏至日道和冬至日道在日中与夜半光照的范围。每当Y点在光照范围之外时，观测地洛阳就进入夜晚。图5同时也可解释北极之下一年四季所见日光现象：

> 春分之日夜分以至秋分之日夜分，极下常有日光。秋分之日夜分以至春分之日夜分，极下常无日光。故春秋分之日夜分之时，日所照适至极。

陈子又说：

> 夏至之日中与夜半，日光九万六千里过极相接。冬至之日中与夜半，日光不相及十四万二千里，不至极下七万一千里。

陈子这里所说的夏至日光过极相接和冬至日光不相及、不至极下，见图5。

陈子然后分析当太阳在观测地洛阳之东与西时光照范围的分布，他说：

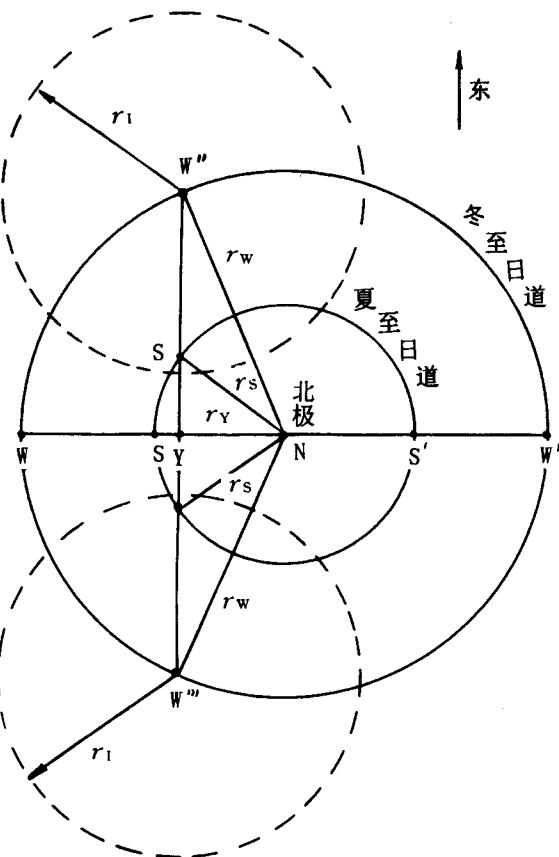



图6　陈子模型中夏至与冬至在观测地洛阳(Y处)正东、西时太阳光照的范围

r_S 和 r_W 是夏至日道半径和冬至日道半径，r_R 是北极与观测地之间的距离，r_1 光照半径

> 夏至之日正东西，望直周，东西日下至周五万九千五百九十八里半。冬至之日正东西方，不见日，以算求之，日下至周二十一万四千五百五十七里半。

如图6所示，当夏至日正东时，日下至周的距离S″Y正是

$$S''Y = \sqrt{r_S^2 - r_Y^2} = \sqrt{(119\ 000)^2 - (103\ 000)^2}\ \text{里} = 59\ 598.5\ \text{里} \tag{11}$$

当冬至日正东时，日下至周的距离W″Y正是

$$W''Y = \sqrt{r_W^2 - r_Y^2} = \sqrt{(238\ 000)^2 - (103\ 000)^2}\ \text{里} = 214\ 557.5\ \text{里} \tag{12}$$

因为 $W''Y > r_1$，故"冬至之日正东西方，不见日"，恰如图6所示。

三　陈子对太阳的测量

除了测量太阳投射的影子以分析与计算太阳周日运动的轨道及其在一年中的变迁外，陈

子还企图求定太阳的绝对距岭和它的线半径 r_0。然而太阳离我们太远了,以地面做基线,用三角方法来求它的绝对距离,所得结果误差太大。三角测量只是在距离近的时候才能有效地使用。不过,在某些情况下,陈子公式所求得的相对值仍有其价值。譬如,以日影差之比率来求距离差时,其中一部分误差就相互抵消。

由图 3 或图 7 相似直角三角形所得的下列关系

$$\frac{H_0}{h}=\frac{x_0+\lambda_0}{\lambda_0}$$

来求太阳的垂高 H_0

$$H_0=\frac{x_0}{\lambda_0}h+h\doteq\frac{x_0}{\lambda_0}h \tag{13}$$

将 $h=8$ 尺,$\lambda_0=1.6$ 尺,$x_0=16\ 000$ 里代入(13)式,陈子得到 $H_0=80\ 000$ 里。在陈子模型里,H_0 也就是太阳轨道平面与地平面之间的距离。在洛阳观测太阳,所见距离是斜高距离,并不是垂高距离;但知道了垂高距离以后,斜高距离可用勾股定理求得。在天与地对应的假设下,太阳轨道位置的迁移相当于地上髀位的迁移。如图 7 所示,陈子选了夏至中午日影为六尺的地方 B 求太阳斜高距离。此地(B)离洛阳的距离(YB)可用陈子公式(1)求得

图 7 陈子模型中太阳垂高距离与斜高距离示意图

地面假设为平面,髀离 h 为 8 尺。距离 $S\gamma=16\ 000$ 里为采用之数

$$YB=\left(\frac{\lambda_B-\lambda_0}{\lambda_0}\right)x_0$$

$$=\frac{60-16}{16}\times 16\ 000\text{ 里}=44\ 000\text{ 里} \tag{14}$$

因此,图 7 中的勾为 80 000 里,股为 60 000 里(=16 000 里+44 000 里)。以勾股定理“勾股各自乘,并而开方除之”,得弦 100 000 里,即从 B 点斜至日的距离。这个数值太小了!原因在于陈子模型全部忽略了地面的曲度。而且太阳太远,不适合用这种直接测量的方法。

事实上,天体距离的测定是一件非常困难的事。自古以来太阳距离测定的误差非常之大。就是在 16 世纪,哥白尼(Copernicus, 1473—1543)和第谷·布拉赫(Tycho Brahe,1546—1601)仍认为太阳地平视差为2′51″,太阳与地球之间的平均距离为地球半径的 1 210 倍,而事实上是 23 540 倍。根据现存古代资料,除了公元前 5 世纪的陈子之外,还有阿里斯塔克(Aristarchus,约前 320—前 250)讨论到太阳距离与大小的问题。他的著作被收入在潘巴司(Pappus,4 世纪)的文集中,然后被译成阿拉伯文和拉丁文而保留下来。希腊原稿上没有插图。近代赫斯(Heath)的英文版[4],注解详尽,图文并茂。在此值得把阿里斯塔克的工作与陈子的作一比较。阿里斯塔克假设上下弦正当月球表面明暗平分时,地球与月球和太阳形成一直角三角形,如图 8 所示,$\angle EMS=90°$。阿里斯塔克认为,就在这时,$\angle MES=87°$;由此他求得日地距离 ES 与月地距离 EM 比率的范围:

$$18<\frac{ES}{EM}<20$$

由这距离比率,阿里斯塔克利用了如图 9 所示的月食现象,并假定此时在月球轨道处的地影锥直径 IK 为月球直径的二倍,从而求得太阳直径 d_s 与地球直径 d_e 的比率范围为:

$$\frac{19}{3}<\frac{d_s}{d_e}<\frac{43}{6}$$

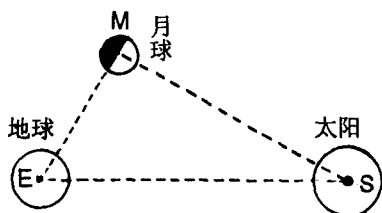



图 8　阿里斯塔克月球明暗平分时,日·月·地之间的关系$\angle EMS=90°$

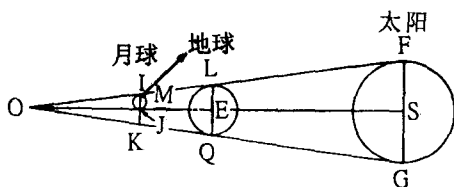



图 9　阿里斯塔克对月食时日月地三者几何关系的认识

当时在月球轨道处的地影锥宽 IK 是月球直径 d_m 的 2 倍. d_m = IJ,太阳直径 d_s = FG,地球直径 d_e = LQ

由图 8 与图 9 可见,阿里斯塔克在处理太阳距离与大小的问题时,对于日月地之间的几何关系的认识比陈子先进得多。不过他所求得的结果也有很大的误差。这是因为他的模型所需要的精细测量,是非常难以实现的。譬如图 8 中的角$\angle MES$,几乎无法测量得精确。这个数值很小的误差就会引起很大的错误。有些近代学者,如奈给保尔(Neugebauer)认为阿里斯塔克模型中的数据,如$\angle MES=87°$和 $IK=2d_m$ 均为计算方面所假定而来的,并非实地测量的数据,因此,阿里斯塔克所得结果与实际不符合[5]。日地距离和月地距离之比并不是如阿里斯塔克所得在 18 倍到 20 倍之间,而是在 392 倍以上;太阳的直径也不只比地球直径大 6 至 7 倍,而是约大 109 倍。

陈子虽然对太阳和地球的几何关系没有阿里斯塔克认识得正确,但他的工作也建立在正确的数学推理上,并且注重实际测量。对太阳的大小问题,陈子也进行了直接的测量。他的方法是取一竹筒长八尺(t),径一寸(d),如图 10 所示观测太阳。当太阳恰好填满竹筒孔时即得下列比率关系:

$$\frac{d_s}{\mathrm{R}_s}=\frac{d}{t}=\frac{1}{80}$$

因此太阳直径

$$d_s=\frac{d}{t}\mathrm{R}_s=\frac{1}{80}\mathrm{R}_s \tag{15}$$

陈子说"候勾六尺,即取竹空,径一寸,长八尺,捕影而视之;空正掩日,而日应空之孔"。这就是说,当太阳恰好填满竹筒孔时,日影正是六尺。当时太阳的距离照陈子公式(1)相当于表位在图 7 的 B 点[见上(14)式的计算],因此图 10 中的 R_s 相当于图 7 中的 S_0C,即 R_s = 100 000 里,故陈子得 d_s = 1 250 里。

陈子所得的太阳线直径失之太小,其误差主要来自太阳的垂高距离,而非来自测量。这可由陈子所测得的比率(1/80)而得的角直径来估定。由图 10 可得

$$\tan r=\frac{d/2}{t}=\frac{0.5}{80}=0.006\,25$$

$$r = 21'31'', \angle d_s' = 43'02''$$

这比太阳平均角直径的实际值 31′59″大 34%，在当时来说是很精确的。阿里斯塔克采用的是 2°，到阿基米德（*Archimedes*，约前 286—前 212 年）才用类似的方法测得太阳角直径在 0.45°（即 27′）到 0.55°（即 33′）之间[6]。

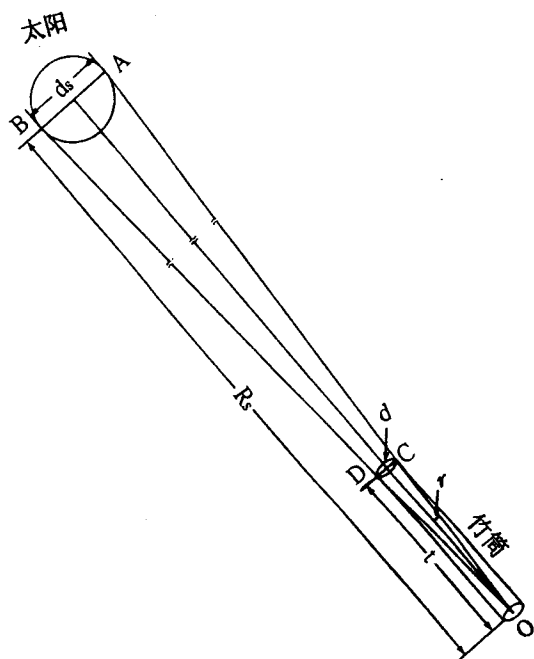



图 10　陈子以竹筒测量太阳直径 d_s 与其距离 R_s 比率的示意图

四　几点评论

由上面的分析，可见陈子模型中最大的缺点是地平的假设。然而在陈子时代能从观察而认识到地面是一个球体的表面，是很难做到的。陈子假设太阳在一平面内环绕北极旋转，也有其缺陷，因为太阳的视运行是环绕黄极，而不是北极。不过，这假设所引起的错误比地平假设来得小。值得注意的是，在陈子模型中没有谈到天的形状，只是认为太阳在一平面内环绕北极运行。虽然陈子对地的形状的认识有根本性的错误，但他的工作仍建立在正确的数学推理上。陈子不但注重实际测量，而且把观测与理论结合起来，推导出一个代数函数关系来研究太阳的运行。这种方法是一个超时代的成就。

由代数函数关系〔公式(1)〕，陈子可利用在观测地洛阳的日影测量来分析太阳的周日运行轨道及其在一年中的迁移。为评估陈子公式的误差，我们可用现知的子午线来查验陈子给春秋分日道半径（r_v）的测量计算。当然，在陈子模型中，大地为一平面，无球形概念。但陈子所求到的春秋分日道半径（即北极到赤道的距离）的四倍应相当于现知的子午线。春秋分日道半径 r_v（即图 4 中的 NV）可由公式(10)而得。因此：

$$\text{子午线} = 4r_v = 4 \times (11.156\,25\ x_0) = 56\,075.775(\text{千米})$$

在此计算中，我们把陈子为 x_0 所采用的距离数值 16 000 里取而代之为实际数值 1 256.6 千米〔见公式(6)〕。由于球的平均直径 $d_e = 12\,740$ 千米得子午线全长为 40 023.89 千米。因此，由陈子测求的春秋分日道半径所导引出来的子午线长比真值仅大 40%，这是值得注意的。

由于地平不动的假设，以陈子模型来解释昼夜现象与昼夜长短随着太阳轨道迁移的变化是很困难的。陈子巧妙的方法是，根据声音的性能而假设阳光照射也有一个范围，超出这个范围就是黑暗。由这假设，陈子模型大致上不但可说明昼夜现象与其变化，而且也可解说北极之下有无日光的现象。虽然以现代水平评论，陈子将声之生律之数应用在阳光所照四极之径上以求光照半径，不是一种科学的推理。不过在公元前 5 世纪陈子的时代，他们对光与声之间的关系并不如我们现在了解得清楚。陈子以声的知识来求光的知识，实在有其直觉的科学价值。他在与荣方讨论治学方法时曾说："同术相学，同事相观。"把光和声联系起来正是一个实例。在公元前 5 世纪时，中国声学已有相当的成就[7]，光学在墨家的研究下也开始有所发展[8]。

另一点在此值得说明的是,陈子工作中对勾股定理的熟练应用。也许源于威利亚烈(A. Wylie)1852年不正确的英文翻译,许多西方学者错误地认为《周髀算经》之"周公、商高对话"中商高以积矩法所证明的勾股定理只是一个 $3^2+4^2=5^2$ 特例。许多科技史家也认为陈子工作中勾股定理的应用是一个特例。譬如,在1969年评论陈子工作中的数学才能时,中山茂有下面一段见解:

(3)一个直角三角形定理特例 $3^2+4^2=5^2$。虽然没有证明,但文中对这毕达哥拉斯定理很明显地有兴趣,不过总是以 $6^2+8^2=10^2$ 表达。

(原文为英文:*A right triangular theorem for the one case* $3^2+4^2=5^2$. *Although no demonstration is given, enthusiasm for this "Pythagorean theorem" is apparent in the text. It was always expressed, however, as* $6^2+8^2=10^2$.)[9]

这评论是不正确的。陈子工作中有三个不是 $6^2+8^2=10^2$ 的实例,其中两个已在本文第二部分的C段中讨论过,见公式(11)和(12)。第三个实例见于陈子、荣方对话的最后一段有关求"东西矩中径"的计算。陈子用勾股定理求观测地洛阳正东与正西的日光径。洛阳离北极的距离为103 000里,取之为勾。日光四极的半径为 $\frac{1}{2}\times 81$ 万里,取之为弦。然后取正东矩中径为股而得

$$\text{正东矩中径}=\sqrt{(405\,000)^2-(103\,000)^2}\text{里}=391\,683.5\text{里}$$

同样,正西矩中径=391 683.5里,此即陈子对荣方谈的最后一句话:"日光四极当周东西各三十九万一千六百八十三里有奇。"由此可见,陈子所用的勾股定理并不局限于 $6^2+8^2=10^2$ 特例。

事实上,《周髀算经》中所载商高证明勾股定理的积矩证明法,即现代所谓的解剖(或拼凑)证明法(dissection proof)。这虽然不是一种公理体系化的演绎证明法(axiomatical deductive proof),但也是一个合乎逻辑的证明法[10]。勾股定理在西方称为毕达哥拉斯定理,但毕达哥拉斯的证明根本就不存在。有些科技史学者认为毕达哥拉斯可能也是用解剖法证明这定理的[11];但这种看法同样没有根据。《几何原本》(Elements)书中的证明,据普洛克拉斯(Proclus,410—485)的考察,是欧几里得(Euclid,约公元前3世纪)的证明。其实,勾股定理的原理在埃及与美索不达米亚文明中也早有正确的认识。古代中国的陈子时代,商高的证明已存在一段时间,因此,这时对勾股定理的认识已不限于特例,对原理的普遍性必已有正确的了解。在陈子的工作中,对勾股定理的表达,是非常普适的:"勾股各自乘,并而开方除之"。

陈子在对太阳直径、距离及其运行轨道进行测量与计算时所用的数学知识,在当时是十分先进的。他同时应用了几何和代数,这就增强了他的分析能力。在陈子的工作里,我们还可以看到近代科学方法的一些基本因素,尤其是用数学把观测和理论结合起来,从而构造出一个模型以解释自然现象,这在当时不能不说是一个超时代的贡献。

参 考 文 献

[1] 程贞一.陈子及其对太阳的观测工作(英文).第五届国际中国科学史会议(1988年8月5—10日于美国圣地亚哥加州大学)论文,将刊于《中国科学与技术史》(*History of Science and Technology in China*)

新加坡,世界科学出版公司.
[2] 由此可见,这是一个以测量与理论相结合而推导出来的结论.以前的看法(认为这是一个假设)是不正确的,如:三上义夫《周髀算经之天文说》,《东京物理学杂志》1911 年第 235 期,第 241 页;钱宝琮《周髀算经考》,《科学》1929 年 14 卷 1 期,第 17 页;能田忠亮《周髀算经之研究》,京都《东方学报》1933 年第 3 册;H. Chatley, "'The Heavenly Cover', A Study in Ancient Chinese Astronomy", *Observatory*, 61, 10 (1938).
[3] 有关"生律之数为八十一"来源的一个解释,见程贞一《从公元前 5 世纪青铜编钟看中国半音阶的生成》(英文),载于《中国科技史文集》(*Science and Technology in Chinese Civilization*),新加坡:世界科学出版公司,1987.
[4] Thomas L. Heath. *Aristarchus of Samos*, *The Ancient Copernicus*. Oxford, 1913.
[5] O. Neugebauer. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. Springer-Verlag. New York, 1975. 642—654
[6] A. E. Shapiro. Archimede's Measurement of the Sun's Apparent Diameter. *Journal for the History of Astronomy*, 1975(6): 75—83
[7] 1978 年曾侯乙编钟的出土给公元前 5 世纪的中国声学成就带来了一个崭新的认识,见《曾侯乙编钟研究》,湖北人民出版社,印刷中.
[8] 王锦光,洪震寰. 中国光学史. 长沙:湖南教育出版社,1986.
[9] 中山茂. 日本天文学史(*A History of Japanese Astronomy*). Harvard University Press. Cambridge, Mass, 1969. 25.
[10] 程贞一. 商高的解剖证明法(英文). 中国科技史文集(*Science and Technology in Chinese Civilization*). 新加坡:世界科学出版公司,1987,附条Ⅱ,35—44
[11] Jacob Bronowski. *The Ascent of Man*. Little Brown. Boston, 1973. 158—160

〔原刊日本京都大学人文科学研究所《中国古代科学史论续篇》,1991 年 3 月〕

《九章算术》、欧几里得《几何原本》及其他

各位女士、各位先生：

"《九章算术》及刘徽学术思想国际研讨会"以及1987年的"秦九韶《数书九章》成书740周年纪念国际学术研讨会"都是值得庆贺的事。这两次会议都是在国家教委的核准下，在吴文俊教授的支持下，由北京师范大学牵头举办的。刚刚4年多一点的时间，就在北京师范大学连续召开了两次数学史专题性的国际学术讨论会，这证明国家教委对于这一学科的重视，也证明北师大等院校在这一领域的研究工作中取得了很大成绩。

刚才北师大冯副校长讲到欧几里得《几何》。欧几里得《几何》确实是一部重要的书，其逻辑系统非常鲜明，是一部很伟大的书。但是，我觉得，恐怕有人把欧几里得《几何》的作用估计得过高。有人写文章说近代科学之能够在欧洲产生，而没有产生在东方，就是因为西方有欧几里得《几何》，而中国就没有这样一部逻辑系统鲜明的书。我觉得，这个论证虽不能说是不对，但至少可以说是不全面的。我对这方面的工作没有深入研究。大家一般认为近代科学的奠基者是伽利略，伽利略的物理研究或力学研究主要是用代数方法，而不是欧几里得的几何方法，至于近代科学所以在欧洲产生，原因是多种多样的，绝不是只涉及这一部书。这部书在1000多年以前就有了，为什么到十六七世纪的时候近代科学才诞生，应该在当时找原因，不应当在1000多年以前找原因。

再说，欧几里得《几何》的成书，虽比《九章算术》要早100多年，但欧几里得《几何》原书，究竟是什么样子，现在没有人知道。追来追去，欧几里得《几何》最早的希腊文抄本，是公元10世纪的东西(存梵蒂冈图书馆)。据丹麦学者Heiberg考证，现有版本除一种外，都导源于公元4世纪一位埃及学者Theon的抄本，而此书是没有图的。公元4世纪比刘徽注《九章算术》则要晚100多年。大家可以想想，一部讲几何学的书而没有图，这书是什么样子。欧几里得《几何》到19世纪末还在改编着，欧几里得《几何》中的图是后来的人加上去的。与此雷同，在天文方面，希腊阿里斯塔克有篇论说测量太阳大小和距离的文章是很重要的，也是没有图，而图是后人加上去的。我们中国人著书是很客观的，如《周礼·考工记》就是没有图，其中的图是清代人加上去的，就说明是"补图"。而欧洲人并不这样，不说是补图。所以说，欧几里得这部书，究竟是什么样子，现在根本不知道。刘徽注《九章算术》，哪一段是《九章》的原文，哪一段是刘徽的注文，都写得清清楚楚，而刘徽注《九章》并不单纯是注解，他还作了许多理论上的整理工作，提出了一些新方法，如割圆术等，使我国数学自成一个系统，发展了1 000多年，并且至今仍有现实意义。所以，我们对《九章算术》及刘徽注文进行研究，是非常必要的。希腊的东西几乎被吹得玄而又玄。又如，毕达哥拉斯这个人，到底是搞的科学还是搞的迷信，就很难说；现在有人把他捧得过高。古代希腊人的东西本来是很零散的，都是经过文艺复兴以来好几百年的后人加工整理，才形成现在的样子。对比来看，刘徽的《九章算术注》，则是一次成型。正如吴文俊先生刚才所说，关于《九章》及刘徽的研究，对现代数学研究也有借鉴作用的。我觉得，近十多年来，我国在这方面的研究所取得的成绩是很大的，是很可庆幸的。希望通过这次会议，能取得

更大的成绩。

我是搞天文学史的，对《九章算术》及刘徽没有研究，但是1990年在美国与加州大学程贞一教授合作，对《九章算术》的姊妹篇《周髀算经》作了些研究，发现前人把《周髀算经》的成书年代定于公元前1世纪，可能有问题。我们认为，这本书可能经过多人之手，是长时间一段一段加上去积累而成的。比如，商高与周公的对话，是一个时期写成的，所谈是数学内容，时间可能早些；而陈子与荣方的对话，又是一段；后边的可能晚些。这是第一点。

第二点，商高定理就是勾股弦定理。好像给人的印象是，商高所谈的是特例，即勾3、股4、弦5，或者是勾6、股8、弦10。最近一位很有名的人写的书，也是这样说的。这个说法是不对的。在陈子与荣方的对话中，说得再好不过了，即“勾、股各自乘，并而开方除之”。用这几个字，把勾股弦定理作了完全而普适的说明。在计算中，有3个例子，边长多到6位数字，其平方则为10位以上的数字，而且计算得很精密，误差只在小数点后两三位，因而不能说勾股弦定理只能叫做毕达哥拉斯定理。况且毕达哥拉斯是如何证明的，也拿不出证据来。《周髀算经》中所载商高证明勾股弦定理的积矩证明法，即现代所谓的拼凑证明法(dissection proof)，虽不是一种公理体系化的演绎证明法，但也是一个合乎逻辑的证明法。

第三点，这部书大家都认为是盖天说的书，其实也不尽然。陈子与荣方的谈话，是一种“平天思想”；而最重要的一点是，从思想方法的角度来分析，《周髀算经》是一部了不起的书。因为：有人说，中国古代天文学只有星占术和计算历法，没有希腊那样纯粹理论的探讨，更没有建立模型的方法。在西方托勒密主地心说，哥白尼主日心说，他们观点不同，但方法则一，都是搞一套模型进行研究，然后根据观测对模型再行改造，再研究，可是中国没有这一套。我们认为《周髀算经》中陈子与荣方的对话则是一个例外。它既无星占术内容，也不与历法联系，而是用一个观测数据，加上数学推导和一些假设，就要说明“日之高大，光之所照，一日所行，远近之数，人所望见，四极之穷，列星之宿，天地之广袤”。这完全没有实用的内容，是纯粹解释一些自然现象。这就是为科学而科学的做法。诚然，其中观测数据误差很大，所用的数学方法也有它的局限，所得结果也不对，但后人可以利用新的数据、建立新的模型，用来代替它。可惜《周髀算经》之后这一套办法没有得到继承和发展。而《周髀算经》本身的这套方法确是纯理论研究，在中国天文学史上建立了第一个模型。从这个意义上看，《周髀算经》确实是部伟大的书。

我所以举这个例子，是想说明中国科学史研究并不是已经研究完了，没有什么可研究的了。要做的事情还是很多的。有人说，科学史这门学科的目前水平，大体相当于物理学发展的前牛顿时代，就中国科学史研究来说，还是刚刚开始。大家虽然做了不少的工作，但是，还有大量的工作需要去做。希望通过这次会议，大家能够共同努力做出更多更好的成绩。

(1991年6月21日在北京师范大学“《九章算术》及刘徽学术思想国际研讨会”开幕式上的讲话，白尚恕根据录音整理)

〔原刊《北京师范大学学报》(自然科学版)，第27卷，增刊3，1991〕

我与福建籍天文学家

——《天文之星——福建籍著名天文学家》代序

福建省政协文史资料委员会来函，约我为《天文之星——福建籍著名天文学家》一书写篇序言。对我来说，这是一件非常光荣的事，也是一件义不容辞的事。因为书中的人物都是近现代中国天文学界卓有成就、著有影响的人物，他们的事迹令我钦仰；而且，他们之中，有的还是我的引路人。

抗日战争期间，我在兰州西北师院附中念书的时候，一个偶然的机会，读到了福建人张钰哲著的《宇宙丛谈》，这本书使我对天文学发生了浓厚的兴趣。我进而找别的天文书籍来读，当时所找到的《宇宙壮观》、《星体图说》和《天象漫谈》、《星空巡礼》这几本书，它们的作者陈遵妫和戴文赛也都是福建人。从那时起，我即把福建看成是中国近代天文学家的故乡。

1947年夏天，我高中毕业以后，在走什么路的问题上，和我的一位长辈发生了严重的争执。这位长辈坚持要我当一名税务员，他认为读书无用，学天文更是好高骛远，“决无出路”，并声明如我念天文，他就不提供经济援助。而那时，在我的心目中，张钰哲、陈遵妫、戴文赛这些人已成了学习的榜样；我把他们所从事的事业，看做自己应当追求的目标。因此，在当年10月我考上中山大学天文系路经南京去广州时，便以一个穷学生的身份，贸然闯进南京陈遵妫先生家中，向他求教。陈先生欣然接待，约我第二天到紫金山天文台参观，把我领进了中国天文界的大门；并叮嘱我到中大以后，虽然读的是天文系，但要多选读数学系和物理系的课程，“没有这两门做基础，天文是学不好的”，同时还说，“为人做事要有雄心、信心、决心、耐心和恒心”。这些都是经验之谈，对我很有帮助。

1951年，我大学毕业被分配到北京工作后，和戴文赛先生有了接触。我至今记忆犹新的是：他主持恒星天文学讨论班时，尽管该班实际上只有他和我等4个人，但他认真负责，每星期按时进行，事前个个要认真读书，在会上要报告，并相互质询；他和我合译《理论天体物理学》一书时，对书稿逐字逐句校改，一丝不苟。后来，他从大局出发，为了能充分发挥自己的专长，为祖国多培养些天文人才，他说服了夫人刘圣梅(北京人)，于1954年夏天举家迁到南京，此后历任南大天文系副主任、主任等职。他虽身在南京，但仍一直关心着北京天文界的工作，仅和我的来往信件就有几十封，讨论了许多学术问题。那时还没有复印设备，有的文献材料，他就亲手抄下来寄给我。现在回想起来，仍令我感动得落泪。

1954年，我的人生道路发生了第二次转折：那年3月1日，中国科学院副院长竺可桢找我谈话，要我做中国天文学史的研究工作。这是一次小的改行，许多朋友都反对，我也动摇不定，因为我倾向于搞天体物理。这时，戴文赛和张钰哲都支持我转向。尤其是张钰哲一次来北京时的谈话，使我至今不忘。他说：“人生精力有限，而科学研究的方向无穷，学科的重点也是不断变化的，因此不能赶时髦。只要选定一个专业，勤勤恳恳去做，日后终会有成就。天体物理固然重要，但天文学界不可能人人都干天体物理。中国作为一个大国，天文学的各个分支都应

有人去占领,而且都要做出成绩来。”张先生不仅是我学术道路上的带路人,而且他经常提倡的荀子的名言——“勿说人之短,勿道己之长;施人慎勿念,受施慎勿忘”——也被我引为处理人际关系的座右铭。

书中两位健在的人物——王绶琯和陈彪,虽然我和他们没有一起共过事,但40年来接触很多。他们为新中国的天文事业所做的贡献,书中已有叙述,我只从他们的为人治学方面谈点感受。子曰:“三人行,必有我师焉”,我觉得他们两位也都是我的老师,王先生博学广识,运筹帷幄,善于辩证地分析和处理问题;陈先生治学严谨,写文章少而精,对青年人要求严格。这都是值得我学习的。

书中我没有见过面的两位人物——高鲁和余青松,则是中国近代天文事业的奠基者。辛亥革命以后,高鲁曾任中央观象台第一任台长,中央研究院天文研究所第一任所长,并创建了中国天文学会,从第一届起曾先后11次被选为会长或副会长。余青松是天文研究所第二任所长,他主持并亲自勘察设计,创建了南京紫金山天文台和昆明凤凰山天文台,功勋卓著;他在恒星光谱研究方面的工作,更赢得了国际声誉。因此,1978年组织编写《中国大百科全书·天文学》卷时,高、余两位先生是首先被排名为要列传的中国近代天文学家。

以上七位天文学家的业绩,闪现着如北斗七星一般的光华,为中华大地增色添辉。1928年,张钰哲发现了一颗小行星,这颗小行星在星表中被编为1125号之后,便带上了一个响亮的命名——“中华”(“*China*”),载着中华民族的骄傲遨游在太空。由张钰哲主持的紫金山天文台行星研究室,近20多年来,陆续观测到数百颗原在星表上未见记载的小行星。其中经过计算、确定轨道并获得国际正式编号确认的,多用我国人名、地名命名,于是,“张衡”、“一行”、“郭守敬”和“江苏”、“台湾”、“福建”、“北京”、“上海”、“延安”、“苏州”等名称都一一上了天。而2051号和3797号小行星,也因张钰哲和余青松成就卓著,被分别以他们的名字命名。

福建籍的天文学家,当然不止这7位。除他们外,我首先想到的是蒋丙然。他是福建闽侯人,生于1883年,卒于1966年。他生前是高鲁的得力助手,曾任中央观象台代理台长,是中国天文学会的发起人之一,曾5次被选为该会副会长。1924年,他代表中国政府接管日本人办的青岛测候所,并将该机构改组为青岛观象台,自任台长直至1937年青岛再度沦陷为止。在主持青岛观象台期间,他积极增加设备,开展业务,参加了1926年和1936年的两次国际经度联测以及1931年有14个国家参加的对433号小行星(“爱神”星)的联测,并于1936年派观象台人员随中国观测队到苏联伯力观测日全食,使青岛成为当时我国天文活动的一个中心。1937年7月9—11日,在抗日战争的炮火声中,中国天文学会在青岛举行第14届年会,极一时之盛。

我还想到了后起之秀——1991年新当选为中国科学院学部委员的陈建生。陈在类星体吸收线、宇宙原始氢云、高红移星系研究和类星体巡天观测等方面,取得了一系列在国际上有影响的成果。他的论文在国内外学术刊物上被引用了上百次。他和他的同事合作发现的类星体数,占1989年版世界类星体总表所载的1/10。他现在是共青团中央等单位联合举办的“中国青年科学家奖”天文学科评审组组长。

除上述,我还可以举出好些福建籍天文学家的名字来,如丘宏义,龙海人,高能天体物理学家;林元章,莆田人,太阳物理学家;尤峻汉,福州人,天体物理学家;黄坤仪,云霄人,紫金山天文台人造卫星研究室主任,等等。

“春风杨柳万千条,六亿神州尽舜尧”。武夷山下,闽江之滨,以东南一隅之地而在20世纪涌现出这样多的天文人才(可谓“群星灿烂,独领风骚”),这不能不说是一个奇迹。出现这个奇

迹的原因，作为一个文化地理学上的问题，是值得深入探讨的。这里，我想引用王绶琯先生1989年在中国天文学会解放后第六次代表大会上所作《祝辞》中的一段话，作为这篇文章的结束——

我们中国的天文工作者，远溯张衡、祖冲之，近及张钰哲、戴文赛，虽然时代不同，成就不等，但始终贯穿着一股"富贵不能淫，贫贱不能移"的献身、求实精神。今天，让我们继承我们民族的优良传统，在社会主义建设的号角声中，团结，奋斗，前进吧！

1992年7月27日

〔福建省政协文史资料委员会编:《天文之星》——福建籍著名天文学家，福州，福建科技出版社，1992〕

《中国古代科学与文化》序

经过李约瑟博士和中国广大科技史工作者的努力，中国古代科学技术的光辉成就已举世公认。然而对于中国古代科学技术的独特形态、盛衰起伏及其与中国传统思想文化的关系，却仍是中国文化史研究上的一个薄弱环节；中国古代科学技术发展变化的基本规律，仍是科技史研究者的重要课题。而要揭示这些规律，则有赖于从“内史”与“外史”两方面做深入的研究工作。为此，必须使以考证为主的史学传统和以义理为主的哲学传统相结合，使专业的科技史工作者与哲学、社会学、文化学工作者相结合。

朱亚宗与王新荣合作撰写的这部著作，在一定程度上做到了以上两个方面的结合。书中的许多见解，发前人之所未发。例如，作者将中国古代科学技术系统划分为经验事实、惟象理论、深层理论、自然哲学四个层次，逐层与西方科学技术相比较，并在此基础上做出自己的独特结论，分析深刻入理，使人耳目一新。又如，为了全面、客观地评价科学家的贡献，作者提出了科技发明权的评判标准，并以这一套评判标准，为持续千年之久的造纸起源争鸣做出了自己的总结，对世所公认的首测子午线贡献提出了质疑，对丁文江与谭其骧关于长江正源发现者的分歧做出新评判。其他再如，对王充超前觉醒的近代科学精神的阐发，沈括兼容理性主义与神秘主义的发现，朱熹思想中主智主义一面与科学相互关系的见解，徐光启是科学的创造者与文化的迷失者的观点，王船山哲学思想与近代科学精神冲突的分析，康熙是“中体西用”先驱的论断，等等，都突破了学术界的传统看法。

不管这些见解是否成熟，它们的提出，并能出版，本身就是一件幸事。愿此书的出版能为我国科技史与思想文化史的研究起到积极的推进作用。祝年轻一代的学者在科学史和科学思想文化史的研究中取得进一步的成果。

1992年1月20日

〔朱亚宗、王新荣著:《中国古代科学与文化》，
长沙，国防科技大学出版社，1992〕

敦煌卷子中的星经和玄象诗

在敦煌卷子中与天文学有关的材料约有15万字,现正由国家文物局古文献研究室整理。其中有一卷星图,现存英国图书馆,编号为S3326,于1959年由李约瑟首先发表于他的巨著《中国科学技术史》第三卷中(图99和图100),并判定其年代为公元940年。但是此书只刊载了这卷图的四分之一,大部分尚未与世人见面。作者根据这份黑白抄本的显微照片(原图为彩色),于1966年发表了这幅星图的全部,并作了详细考定,认证出全图共有1 359颗星[1]。这卷图的画法是从12月开始,按照每月太阳所在的位置,利用类似麦卡托(Mercator)圆筒投影(cylindrical orthomorphic projection)的办法分12段把赤道带附近的星画出来(但这比麦卡托发明此法早几百年),最后再把紫微垣画在以北极为中心的圆形平面投影图上。这卷图在画法上是一个进步。在此以前,画星图的办法有两种。一种是以北极为中心,把全天的星投影在一个圆形平面上。汉代的"盖图"都是这样画的,现今保存在苏州的宋代石刻天文图也是这样画的。这种作图法有个很大的缺点:越到南天的星,彼此在图上相距越远,而实际上是相距越近。汉代扬雄在《难盖天八事》中,最后一项就揭露了这个矛盾[2]。另一种办法是用直角投影,把全天的星绘在所谓"横图"上。这种办法在隋代或隋代以前已开始出现[3]。用这种方法画的图,赤道附近的星与实际情况较为符合,但北极附近就差得太远,根本会合不到一起。为了克服这两种办法的缺点,最后只得把天球一分为二,把北极附近的星画在一张圆图上,把赤道附近的星分段画在横图上。S3326就是我们现在所知道的两种办法结合起来画得最早而且星数最多的一幅星图。这种办法一直用到现在,所不同的只是现在把南极附近的星再画在一张圆图上。这种办法在宋代苏颂的《新仪象法要》中即采用了,不过南极附近是个空白[4]。

为庆祝李约瑟80寿辰,夏鼐又将1944年向达在敦煌发现的一件紫微垣星图(现存敦煌县文化馆,编号为写经类58)与S3326的紫微垣图进行对比。结果发现,这两个图的内容和《步天歌》最为接近,与《晋书》、《隋书》两史的记载差异较大,但都属于一个系统,从而引出一个重要结论,他认为王希明是开元(713—741)时人,丹元子是他的道号,《步天歌》完成于李淳风(602—670)编写晋、隋两书中的《天文志》以后[5]。

在讨论《步天歌》写作年代的时候,夏鼐还提到如今在巴黎国立图书馆藏的P2512上的《玄象诗》(图1)。他认为这首诗要比《步天歌》早,但是早不了许多,而应在李淳风编写晋、隋二书《天文志》之后。

在P2512上,在《玄象诗》前面抄写的有"中官占"(残)、"外官占"、"占五星色变动"、"占列宿变、五星逆顺犯者守国分野"、"五星守二十八宿各以其色定其福败"、"分野"、"十二次"、"二十八宿次位经"、"石氏中官"、"石氏外官"、"甘氏中官"、"甘氏外官"、"巫咸中外官";在《玄象诗》后面抄写的有"五行及二十八宿"、"五行守二十八宿以其色定其福败"、"日月旁气占"等。这些内容虽已被罗振玉摹写在他的《鸣沙石室佚书》第四册中,但没有引起人们足够的注意。李约瑟在《中国科学技术史》中曾转述马伯乐(H. Maspero)的意见:"如果能把这一部残存的材料和收入在《道藏》中的《通占大象历星经》(简称《星经》),以及《晋书·天文志》和《开元占经》中的材料结合起来,系统地加以复原,可能很有价值,但这一工作迄今尚未进行"[6]。

图1 P_{2512}上的玄象诗

图 2 P_{3589}上的玄象诗

本文就是要做上述这件工作。文中所利用的材料，除了李约瑟所提出的这四种以外，还有(1)敦煌卷子P3589(原件存巴黎)中的材料(图2，这一件以前尚未被注意)；(2)唐麟德元年(664)李凤撰的《天文要录》；(3)唐麟德三年(666)萨守真撰的《天地瑞祥志》。后二书均已残缺不全，而且只是在日本有抄本，作者于1981年访问日本时，看到了这两本书。

《天地瑞祥志》第四、第五两卷中的二十八宿已佚。第六卷叙述内官合98座也已佚，第七卷叙述内官46座(实为42座)和外官91座(实为92座)是将三家星官混合排列的，其中以石氏外官最全，共29座，只缺"玉井"1座。将其所述各官的入宿度和去极度，拿来与《开元占经》中的相对比，发现它们基本上一致，这证明它们所根据的原始资料是一个。例如，关于星官"天仓"的叙述都是："石氏曰：天仓六星在娄南，南星入奎四度太，去极百二十度，在中道(黄道)外十八度。"关于石氏中官，在《天地瑞祥志》中虽仅存18座，然而非常重要，因为今本《开元占经》缺漏的六官，这里恰巧有，可以补上，它们是：(以下序号依《开元占经》)

47～48.五帝：石氏曰："五星在太微中，中央星入翼九度半，去极六十三度半，在黄道内十度太也。"按：《开元占经》和P2512石氏星经将五帝座分为两官：黄帝座和四帝座，所以我们用了两个序号。

49.屏：石氏曰："四星在(帝)座南，西星入翼七度，去极七十二度半也。"

50.郎位：甘氏德曰："十五星在帝座东北隅，入轸初也。"按：《开元占经》的引文中，引甘氏的均无入宿度和去极度，在《天地瑞祥志》中有两处引甘氏的话有数据。除这一处外，另一处是在外官叙述到天狼星时说："甘氏曰：一星在东井南，入井十三度，去极百六度。"将之与《开元占经》卷68一核对，此语亦属石氏。因此，我们可以断定，郎位15星亦属石氏。又，在《玄象诗》中，郎位亦归于石氏。

51.郎将：石氏曰："一星在郎位东北，入轸八度，去极三十九度少，在黄道内三十六度弱之也。"

52.常陈：石氏曰："七星如毕状，在帝座北，西星入翼五度，去极三十五度，在黄道内三十三度少也。"

在《天地瑞祥志》中除保存了石氏中外官18+29=47(座)外，还有甘氏中外官19+37=56(座)，巫咸中外官5+16=21(座)，共124官，具体情况见附表第5栏。

《天文要录》卷一中说："魏石申夫一百二十官，八百零八星；齐文卿一百十八官，百一十二星；殷巫咸四十四官，一百三十三星；总二百八十二官，一千四百六十三星。"这段文字颇有差错，按齐文卿应即甘德，112星应为512星，巫咸133星，应为144星；合计应为1 464星。但是除此以外，《天文要录》还给了另外三家的星官和星数，即：

黄帝	34 官	216 星
陈卓	119 官	750 星
苌弘	12 官	53 星
共计	165 官	1 019 星

这样，再加上甘、石、巫三家就共有447官2 483星，几乎把北半球肉眼能看到的亮星全部包括进来了。按：全天肉眼能看到的星约为6 000颗。可惜《天文要录》只引了黄帝、陈卓、苌弘三家的星官数和星数，而未一一叙述，我们无法知道其详细情况。

在今本《天文要录》中，石氏外官全佚；内官从编号26"天弁"开始到64"太一"为止，其顺序和《开元占经》中的完全一样，但序号数多2，即26在《开元占经》中为24。在从26～64的这一

部分中，又缺从45“水位”到54“常陈”一段，恰恰在《开元占经》中也是如此。甘氏内官从编号26“河鼓”开始有，一直到77“天河”为止，和《开元占经》中的完全一样，只是在太微垣里多了“三老”一官，排在50“太子”之后，列为51。原文是：“齐甘德曰：‘三老三星在内五诸侯北，主老公，一名长远’。”因此，以后相应的序数增一，而多一星官。至于“三老”是哪几颗星，因为在其他文献中均无，也无法考定。甘氏外官42座，和《开元占经》中的完全一样，只是引语多用“齐文卿曰”，从而使我们进一步肯定甘德亦名甘文卿。巫咸内外官凡33座，表面看来比《开元占经》中的少11官，实际上是一样的，因为在《开元占经》中把12国算12官，这里只算1官。

这些事实充分说明，《开元占经》、《天地瑞祥志》、《天文要录》所依据的原始资料是一样的；但是《天文要录》中还是有它特有的东西，即在关于二十八宿的叙述中，除给出石氏的数据外，有些还给出了巫咸和甘德的数据。现在虽然只保存下角、房、尾、箕、婺女、东壁、娄、昴、毕、觜、参、舆鬼、七星等13宿材料，但还是有值得研究的必要。例如《尾占第十六》引魏石申曰：“尾九星，十八度，距初表第二星，去周极一百二十度，黄道外在十四度半。”殷巫咸曰：“尾去极一百二十三度，黄道外在十六度弱。”这里给出了石申和巫咸两家观测尾宿距星(μ Sco)去极度和极黄纬两组不同的数值，去极度 $P_w - P_s$①$=123-120=3$ 度 $=2^\circ.9568=10644''.48$，这个差异是由岁差引起的。由于岁差，恒星赤经、赤纬的变化可用下列公式表示[7]：

$$\alpha=\alpha_o+(t-t_0)\frac{d\alpha}{dt}+\frac{(t-t_0)^2}{2!}\frac{d^2\alpha}{dt^2}+\frac{(t-t_0)^3}{3!}\frac{d^3\alpha}{dt^3}+\cdots\cdots \quad (1)$$

$$\delta=\delta_0+(t-t_0)\frac{d\delta}{dt}+\frac{(t-t_0)^2}{2!}\frac{d^2\delta}{dt^2}+\frac{(t-t_0)^3}{3!}\frac{d^3\delta}{dt^3}+\cdots\cdots \quad (2)$$

一般说来，若所希望的准确度 α 到 $0^s.01$，δ 到 $0''.1$，即使 $t-t_o$ 达到50年，也只取到$\frac{d^2\alpha}{dt^2}$和$\frac{d^2\delta}{dt^2}$项。现在我们所讨论的问题，虽然时间很长，但准确度只到度，因此只取$\frac{d\alpha}{dt}$和$\frac{d\delta}{dt}$项即可，于是有：

$$\alpha-\alpha_0=(t-t_0)\frac{d\alpha}{dt}=(t-t_0)(m+n\ \sin\ \alpha\ \tan\delta) \quad (3)$$

$$\delta-\delta_0=(t-t_0)\frac{d\delta}{dt}=(t-t_0)n\ \cos\alpha \quad (4)$$

由(4)式立刻可以看出，赤纬的变化(也就是去极度的变化，因为 $P=90^\circ-\delta$)只与恒星的赤经 α 有关：

当 $\alpha=0^h=0^\circ$(春分)，$\frac{d\delta}{dt}=n$，δ 增加，P 减小；

当 $\alpha=12^h=180^\circ$(秋分)，$\frac{d\delta}{dt}=-n$，δ 减小，P 增加；

当 $\alpha=6^h,18^h$

$=90^\circ,27^\circ$(二至)，$\frac{d\delta}{dt}=0$，δ，P 均不变。

但根据式(3)，α 又是随时间变化的，因此，δ 和 P 没有不变的，只是变化多少不同。我们本应根据现存星表中 μ Sco 1950年的 α，δ 值，先算出公元500年的 α 值，再算当时 δ 的变化，但薮内清在《汉代的观测技术和石氏星经的成立》一文中，已将石申的观测年代定为公元前70年，并列表算出该年121颗星的赤经和去极度[8]。为了简便起见，我们不妨采用他的 α 值进行计算。该年 μ Sco 的

① w表示巫咸氏数据，s表示石申(夫)氏数据；下文中的g则表示甘氏数据。

$\alpha=220^\circ=14^h40^m,\dfrac{d\delta}{dt}=-15''.4/$年$,t_w-t_s=10\ 644''.48\div15''.4=691.2$(年)。

仿此，我们计算了有石、巫或石、巫、甘数据并列的八宿，结果如下：

尾宿(μ Sco)，$t_w-t_s=691.2$(年)

女宿(ε Aqr)，$\alpha=283^\circ=18^h52^m,\dfrac{d\delta}{dt}=+4''.8/$年

$P_w-P_s=104.75-106=-1.25$(度)$=-1^\circ.232=-4\ 435''.2$

$t_w-t_s=4\ 435.2\div4.8=924$(年)

壁宿(γ Peg)，$\alpha=337^\circ=22^h38^m,\dfrac{d\delta}{dt}=+18''.3/$年

$$\begin{cases}P_w-P_s=86.25-88=-1.75(度)=-1^\circ.724\ 8=-6\ 209''.28\\ t_w-t_s=6\ 209.28\div18.3=339.3(年)\end{cases}$$

$$\begin{cases}P_g-P_w=85-86.25=-1^\circ.232=-4\ 435''.2\\ t_g-t_w=4\ 435.2\div18.3=242.4(年)\end{cases}$$

娄宿(β Ari)，$\alpha=1^\circ,35=5^m.4,\dfrac{d\delta}{dt}=+20''/$年

$P_w-P_s=78.5-80=-1.5$(度)$=-5\ 322''.24$

$t_w-t_s=5\ 322.24\div20=266$(年)

昴宿(17 Tau)，$\alpha=27^\circ=1^h48^m,\dfrac{d\delta}{dt}=+18''/$年

$P_w-P_s=73.5-74=-0.5$(度)$=-0^\circ.492\ 8=-1\ 744''.08$

$t_w-t_s=1\ 744.08\div18=98.56$(年)

毕宿(ε Tau)，$\alpha=38^\circ=2^h32^m,\dfrac{d\delta}{dt}=+15''.8/$年

$P_w-P_s=73-76=-3$度$=-2^\circ.9568=-10\ 644''.48$

$t_w-t_s=10\ 644.48\div15.8=673.7$(年)

参宿(δ Ori)，$\alpha=57^\circ=3^h48^m,\dfrac{d\delta}{dt}=+10''.9/$年

$P_w-P_s=93.75-94=-0.25$(度)$=-0^\circ.246\ 4=-887''.04$

$t_w-t_s=887.04\div10.9=81.37$(年)

星宿(α Hya)，$\alpha=116^\circ=7^h44^m,\dfrac{d\delta}{dt}=-8''.9/$年

$P_w-P_s=93-91=+2$(度)$=+1^\circ.971\ 2=+7\ 092''$

$t_w-t_s=7\ 092\div8.9=796.85$(年)

这8个数据最大到924年(女宿)，最小只有81.37年(参宿)，但$\dfrac{d\delta}{dt}$和P_w-P_s的符号总是相反，无一例外。这说明巫咸的观测数据在石申的之后是可以肯定的；而甘德的观测数据又是在巫咸之后，虽然只有壁宿一例可以为证。这些事实使我们联想到：石巫甘三家星经，本来未列观测数据，只是恒星间相对位置的描述，观测数据是后来逐步加进去的；瞿昙悉达编《开元占经》的时候，是以石氏为主而把三家星经拆散排列，而观测数据只取了石氏一家。未拆散的三家星经在哪里？就在敦煌卷子P2512上。只要把两份材料一对比，便一目了然。例如，P2512石

氏中官一开头是："摄提六星夹大角，大角一星摄提间，梗河三星大角北，招摇一星梗河北……"《开元占经》卷66"石氏中官"不过把它拆开予以编号，再加上其他有关材料而已，它们是：

"摄提占一，石氏曰：摄提六星夹大角(入角八度少，……)

大角占二，石氏曰：大角一星摄提间(入亢二度半，……)

梗河占三，石氏曰：梗河三星大角北(西星入亢八度……)

招摇占四，石氏曰：招摇一星梗河北(入氐二度半……)。"

我们把两份材料的全部对比列在附表的1、2两栏中。从比较中得知，P2512石氏中官在阁道(No.32)之后，卷舌(No.37)之前漏了附路(1星)、天将军(11星)、大陵(7星)、天船(9星)四官；在太阳守(No.56)之后，北极(No.61)之前漏了天牢(6星)、文昌(6星)、北斗和辅(8星)、紫微垣(15星)。从两份材料的对比中，还可以校出彼此的一些错误，也分别列在表中，这里不再述说。

紧接着二十八宿次位经和三家星经之后，P2512上还抄有一首《玄象诗》。它是一首五言长诗，共264句，1 300多字，其开头一段是：

"角、亢、氐三宿，行位东西直。
库楼在角南，平星库楼北。
南门楼下安，骑官氐南植。
摄、角、梗、招摇，以次当杓直。"

仔细一分析，发现它是根据石、甘、巫三家星经作的一首长诗，但每一家的中外官不分了。从角宿起，先叙石氏星经(第1～104句)，然后从角宿起叙甘氏星经(第105～190句)，再从角宿起叙巫咸星经(第191～220句)，最后将三家合在一起总叙紫微垣(第221～264句)。我们把这首诗拆散排在附表的第三栏中，一排就觉得很不方便。

第一，《玄象诗》是按二十八宿(即按赤经)写的，而三家星经是按中外官排的，而且二十八宿另列，因而《玄象诗》中密切相连的两句往往分到两个地方去了。例如"井北天樽位，井南水府域"，虽都属甘氏，都属井宿，但因天樽在黄道内，属中官，水府在黄道南，属外官，因而就分散在两个地方了。

第二，同是在一个天区内，属于不同学派的星有不同的星经和歌词，也不便于记忆和认星。为了避免第二个矛盾，敦煌卷子P3589上就把《玄象诗》拆成几段，在每一天区内，先写一"赤"字，下书《玄象诗》的石氏有关部分；再写一"黑"字，下书甘氏有关部分；再写一"黄"

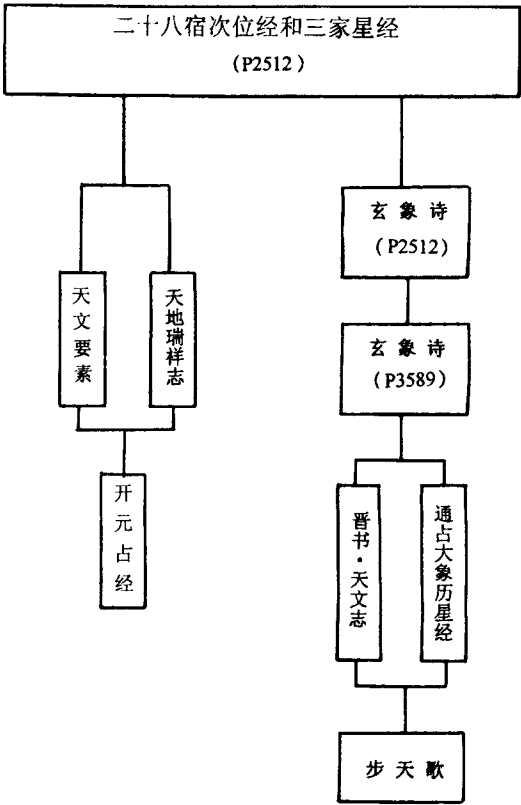



图3 文献演变关系

字，下书巫咸有关部分。这就方便多了，但还不彻底，不如按照《玄象诗》最后紫微垣部分的办法，置三家区别于不顾，而按三垣、二十八宿的次序予以叙述，于是就产生了《丹元子步天歌》。《步天歌》不但有各星官的相对位置，而且还兼有星数，文字也较三家星经和《玄象诗》优美，正如郑樵在《通志·天文略》中所说，它是“句中有图，言下见象，或丰或约，无余无失”。所以也就后来居上，取代了三家星经和《玄象诗》而流传于后代了。

我们还认为，在从《玄象诗》发展到《步天歌》之间，还有一些过渡性的作品，《晋书·天文志》和《通占大象历星经》就属于这一类。《晋书·天文志》虽已把甘、石、巫三家混合在一起，但仍分中官、二十八宿和外官三部分叙述。《星经》虽题汉甘公、石申撰，但实际上也包括了巫咸的星官，它已基本上是按紫微垣、东方七宿（包括天市垣）、北方七宿的次序排列，每宿包括中外官。《星经》无西方七宿、南方七宿和太微垣，可能都遗失了。又，《星经》中有“天捧”和“天维”两官，其他文献皆未著录，而实测亦无。它们的位置是：“天捧五星在女床东北，入箕八度，去北辰十二度”；“天维三星在尾北，斗杓后。”另有在“太阳守”西北的“势”四星被误写为“执法”，吴其昌以为它是太微垣的执法[9]，错了！其余都与《开元占经》所载材料无多大区别，惟一特点是这本书中每一星官都有图表示。

最后，我们可以总结这些文献的演变关系如图 3。

参 考 文 献

[1] 席泽宗.敦煌星图.文物，1966(3).

[2] 《隋书》卷 19《天文(上)》.

[3] 《隋书》卷 34《经籍(三)》，《天文横图一卷》，高文洪撰.

[4] 苏颂.《新仪象法要》卷中《浑象南极图》.

[5] 夏鼐.敦煌星图乙本.中国科技史探索.上海：上海古籍出版社，1982.

[6] Joseph Needham. *Science and Civilisation in China*. Vol. Ⅱ. Cambridge Univ. Press, 1959.198.(中译本第四卷，第一分册.北京：科学出版社，1975.

[7] H.C.布拉日科著.球面天文学教程(易照华、杨海寿译)第 10 章.北京：商务印书馆，1955.

[8] 薮内清.中国の天文历法.东京：平凡社，1969.46—75.

[9] 吴其昌.汉前恒星发现次第考.真理杂志 1944，1(3).

〔原刊《中国传统科技文化探胜》，北京，科学出版社，1992〕

附　　录

表1　二十八宿[1]

敦煌卷子 P 2512(见《鸣沙石室佚书》)						《开元占经》卷60～63	《天文要录》	附注
编号	宿	星数	赤道广度	距星	去极度			
1	角	2	12度	左角星	91.5度	去极91度	去极90度	以《占经》为是
2	亢	2	9	西南二星	89	缺距星和去极度	缺	
3	氐	4	15	西南星	94	同[2]	缺	
4	房	4	5	西南第二星	108	同	去极80度奇	《要录》误
	钩钤	2					同	
5	心	3	5	前第一星	108.5	距前第二星	缺	距星应以前第一星为是
6	尾	9	18	本第三星	120	距东第二星，去极134度	去极120度	距星应为西第二星为是，极距为120度为是
7	箕	4	11	西北星	118	同	去极117.5度	以卷子为是
		32	75					
8	南斗	6	$26\frac{1}{4}$	魁第四星	116	同	缺	
9	牵牛	6	8	中央大星	106	去极110度	缺	以《占经》为是
10	婺女	4	12	西南星	106	度距西南第一星	同P 2512	
11	虚	2	10	南星	104	同	缺	
12	危	3	17	西南星	90	去极90度	缺	以《占经》为是
	坟墓	4					同	缺
13	营室	2	16	南星	85	同	缺	
	离宫	6					同	缺
14	东壁	2	9	南星	86	同	去极88度	
		35	$98\frac{1}{4}$					
15	奎	16	16	西南大星	70	同	缺	似应为77度
16	娄	3	12	中央星	80	同	同	

① 《天地祥瑞志》二十八宿部分已佚。

② 《开元占经》、《天文要录》栏只列与敦煌卷子不同的记载，相同的记载用"同"表示。

续　表

敦煌卷子P 2 512(见《鸣沙石室佚书》)						《开元占经》卷60～63	《天文要录》	附　注
编号	宿	星数	赤道广度	距　星	去极度			
17	胃	3	14	西南星	72	去极82度	缺	以《卷子》为是
18	昴	7	11	西南第一星	74	同	同	
19	毕	8	16	左腹第一星	78	广17度,距左股第一星	去极76度	
	附耳1						同	
20	觜	3	2	西南星	84	广1度	距参前左足	
21	参	10	9	中央西星	94	广10度,去极94.5度少	距中央第1星	均以《卷子》为是
		51	80					
22	东井	8	33	南辕西头第一星	70	同	缺	
	钺1						同	
23	舆鬼	5	4	西南星	68	同	舆鬼4星,积尸1星	
24	柳	8	15	西头第三星	77	同	缺	
25	七星	7	7	中央大星	97	去极90度	距西南第一大星,去极91度	距星以《卷子》为是,去极度以《要录》为是
26	张	6	18	应前第一星	97	同	缺	
27	翼	22	18	中央西大星	99	同	缺	
28	轸	4	17①	距西南星	98	距西北星,去极99度	缺	均以《占经》为是
	长沙1					同		
	辖2					同		
		64	112					
		182星	$365\frac{1}{4}$度					

① 原文误为12°。

表2 石 氏 中 官

石氏中官 (P 2512)	《开元占经》卷65～67	《玄象诗》(P 2512)(圆括号内的数字为在全诗中的序数)	《中官占》(P 2512)	《天地瑞祥志》
1. 摄提 6星 夹大角	同	摄、角、梗		
2. 大角 1 摄提间	同	招摇(7),以		
3. 梗河 3 大角北	同	次当杓直(8)		
4. 招摇 1 梗河北	同			
5. 玄戈 1 招摇北	同	臣、相及枪、戈(251)		
6. 天枪 3 北斗柄东	北斗杓东	攒聚杓旁得(252)		
7. 天棓 5 女床东北	同	唯余有天棓(31),独在紫墙[东](32)		
8. 女床 3 纪星北	在天纪北	女床正林房(30)?		
9. 七公 7 招摇东	同	七公与天纪(27)		
10. 贯索 9 七公前	同	公南贯位纪(29)?		
11. 天纪 9 贯索东	同	市北东西行(28)		
12. 织女 3 天纪东端	同	九坎(河?)至牵牛(33),织女、旗、	织女3星	
(《星经》天市东)		河鼓(34)		
13. 天市垣 22 房心东北	同	市垣虽两扇(19)、22星光(20)	天市22星	
14. 帝座 1 天市中	在市中侯星西	其中有帝座(21)		
15. 侯 1 帝座东北	帝座东	侯、宦东西厢(22)		
16. 宦者 4 帝座西	同	前者宗正立(23)		
17. 斗 5 宦者西南	同	宦侧斗斛①量(24)		
18. 宗正 2 帝座东南	同	宗人宗正左(25)		
19. 宗人 4 帝座东北	在宗正东(《星经》同)	宗在侯东厢(26)		
20. 宗星 2 宗人北	同			
(《星经》在侯东)				
21. 东咸 4 房东北	同 合为一官	两咸俱近房(9)	东咸星四	
22. 西咸 4 房西北	在房北		西咸星四	
23. 天江 4 在尾北	同	天江尾上张(12)	放在外官,称为"蒙星"	
24. 建星 6 南斗北	无星数	建星与天弁(15),南北正相当(16)		
25. 天弁② 9 建星北	同	建星在斗背(17),天弁河中央(18)		

① 误为平。

②《天文要录》从这一项开始有,但编号为26。

续　表

石氏中官(P2512)	《开元占经》卷	《玄象诗》	《中官占》	《天地瑞祥志》
26. 河鼓 3 鼓旗 9 牵牛北	同	九坎至牵牛(33) 织女、旗、河鼓(34)	河鼓 3 星	
27. 离珠 5 婺女北	同	女上离珠府(36)	离珠在河鼓北×	
28. 瓠瓜 5 离珠北	同	瓠[瓜]河畔诸(38)	包瓜 5 星在鼓东	
29. 天津 9 瓠瓜北,河中	婺女中,河北	瓜左有天津(39)	天津 9 星	
30. 腾蛇 22 (《星经》23)营室北		室壁两星间(41),上有腾蛇舞(42)	腾蛇 25 星	
31. 王良 5 在奎北,河中	同	王良虽五星(43),并在河心许(44)		
32. 阁道 6 王良东北				
33. 附路 1 在阁道南旁	据《开元占经》补	阁道河中央(51),附路在其旁(52)	阁道 6 星	
34. 天将 11 在娄北		将军在娄北(53),阁道几相当(54)	天大将军 11 星	
35. 大陵 8 在胃北			大陵 8 星	
36. 天船 9 在大陵北,河中		天船河北岸(55),大陵河南畔(56)	大船 9 星	
37. 卷舌 6 在昴北	同	卷舌在其东(57),虽繁有绦贯(58)	卷舌 6 星在大陵东	
38. 五车 5 三柱 9 在毕东北	同	东井与五车(75),俱河心里列(76)	“又有五车,三星不见,兵起” “五车五星,其中三柱各三星”	
39. 天关 1 五车南,参西北	缺星数	天关车柱南(61),正是参西北(62)	天关 1 星	3. 入觜初,去极 73 度半√
40. 南河 北河 6 夹东北①	夹东井	北河五侯北(79),南河河东俟(80)	南河 3 星 北河 3 星	5. 南河中央星入井√ 17 度,去极 80 度
41. 五诸侯 5 东井北,近北河	同	五侯东西齿(78)		7.“西星入井2度,去极57度”√
42. 积水 1 北河西星北	同	(五诸侯)东南有积薪(81),西北有积水(82)		8. 一星在北河西北,入井 13 度,去极 55 度√
43. 积薪 1 积水东南	同	欲知二星处(83),并在三台始(84)		9. 一星在积水东,入井 21 度,去极 61 度半×
44. 水位 4 东井北列	东井东,南北列	水位南北列(77)	水位 4 星	10. 在井东南北列,南星入井 19 度半,去极 72 度
45. 轩辕 17 七星北	同	轩出柳、星[东](85)		15. 大星入张太(?),去极 71 度,在黄道内 1 度少√
46. 少微 4 太微西,南北列	同	下台下有星(91),少微与张翼(92)		16. 南星入张 10 度半,在黄道内 3 度半弱√
47. 太微 10 翼轸北	同	轸在翼[星]东(93),太微当轸北(94))		

① 应为东井之误。
√ 表示与《开元占经》相同。
× 表示与《开元占经》不同。

续　表

石氏中官(P 2512)	《开元占经》	《玄象诗》	《中官占》	《天地瑞祥志》
48. 黄帝座 1 星 太微中 49. 四帝 4 夹黄帝座 50. 屏 4 帝座南 51. 郎位 15 帝座东北 52. 郎将 1 郎位东北 53. 常陈 7 如毕状,帝座北	〔缺〕 〔缺〕 〔缺〕 〔缺〕 〔缺〕 〔缺〕	太微垣十星(95),二曲八相直(95) 其中五帝座(97),各各依本色(98) 屏在帝前安(99),常陈座后植(100) 郎位常陈东(101),星繁遥似织女(102) 郎将独易分(103),不与诸星通(104)		20. 五星在太微中,中央星入翼 9 度半,去极 63 度半,在黄道内 10 度太 21. 西星入翼 7 度,去极 72 度半 29. 列入甘氏,十五星在帝座东北隅,入轸初 30. 入轸 8 度,去极 39 度少,在黄道内 36 度弱 31. 西星入翼 5 度,去极 35 度,在黄道内 33 度少
54. 三台 6 两两而居,起文昌,到太微	到抵太微	三台自文昌(89),斜连太微侧(90)		33. 西北星入井 30 度,去极 10 度少√
55. 相 1 北斗南	同	(251)见前玄戈		37. 相:入翼 5 度,去极 31 度半,在黄道内 37 度√
56. 太阳守(《星经》1 相星西入张十三度,北×去极四十五度)	相西南①	势、守衡南隐(253)		36. 在相西北,入张 13 度少,去极 35 度半,在黄道内 39 度√
57. 天牢 6 在北斗魁下 58. 文昌 6 (《星经》为 7) 59. 北斗 7 / 辅 1 在太微北 60. 紫微垣 15	据《开元占经》补	天牢魁下植(256) 以次至文昌(257) 斗杓将帝极(229),向背悉皆同(230) 欲知门大小(245),衡端例同则(246) 紫微垣十五(221),南北两门通(222) 七在宫门右(223),八在宫门东(224)	天牢六星在北斗魁	38. 东星入张一度少,去极 20 度② 39. 西星入井 15 度太,去极 25 度太
61. 北极(晋书列为开始) 5 / 勾陈 6 皆在紫微宫中	同	勾陈与北极(225) 俱在紫微宫(226)	钩陈 9 星	
62. 天一 1 紫微宫门外右星南	同	天一,太一神(247)		
63. 太一 1 天一星南,相近	同	衡北门西息(248)		

① 以《开元占经》为是。

② 《占经》为去极 26 度半。

表3　石　氏　外　官[①]

石氏外官(P2512)	《开元占经》卷68	《玄　象　诗》	《外　官　占》	《天地瑞祥志》
1. 库楼　10星　在角南	西北星入轸少,去极百四十度黄道外二十一度	库楼在角南(3)	“库楼10里,五柱3星	1. 西北星入轸少,去极131度少
五柱　15星			在轸,角南	
衡　4星	同		又衡4星”	
2. 南门　2　库楼南	同	南门楼下安(5)		5. 右星去极130度
3. 平　2　库楼北	同	平星库楼北(4)		6. 西星入轸14度,去极100度√
4. 骑官　27　在氐南√	在垣南×	骑官氐南植(6)		10. 北星入元4度太,去极115度半√
5. 积卒　12　房心南	同	积卒在心旁(10)	积卒2(?)是在房…	11. 十二星在房南西行,西星入氐13度,去极124度少也√
6. 龟　5　在尾南(《星经》为6星)	头星入尾十二度,去极百三十一度		天龟5星	16. 头星入尾12度,去极130度半√ 17. 入尾12度
7. 傅说　1　在尾后	同	龟、鱼、傅尾侧(11)		
8. 鱼　1(据(晋志)在尾后,河中	同		鱼星在翼(应为尾,箕)间	18. 一星,在尾后,河中,入尾14度,去极122度√
9. 杵　3　在箕南	同		杵3星	19. 北星入箕1度太,去极130度半√
10. 鳖　14　在斗南(《星经为15)	在南斗	鳖在斗南厢(14)	鳖14星	25. 入斗11度,在黄道外14度
11. 九坎　9　牵牛南	同		九坎9星,在南斗下	27. 西南星入斗14度,去极136度
12. 败臼　4　虚危南	虚危南	败臼天南际(37)	天臼4星	34. 四星在虚南,西南星入(婺女)10度,去极131度少
(“落师门→星羽林西南”与14重)				
13. 羽林　45　垒壁阵　12　室壁南	在营室南√	门东羽林府(46)	羽林一名天津,45星,在室南,阵14星	39. 四十五星在室南,西星去极120度 40. 十二星在室东南
14. 北洛师门　1　羽林西南√	同	臼东北落门(45)	北洛师门一名天军,1星,在羽林西南	41. 一星在奎南,入危9度,去极120度

① 今本《天文要录》石氏外官全佚。

√ 表示与《开元占经》同。

续　表

石氏外官(P2512)	《开元占经》卷68	《玄　象　诗》	《外　官　占》	《天地瑞祥志》
15. 土司空　1　在奎南	同	土空、仓、囷、苑(47)	土司空1星	48. 入壁7度太,去极120度,在中道外24度少
16. 天仓　6　在娄南	同	例位俱辽远(48)	天仓6星	52. 在娄南,南星入奎4度太,去极112度,在中道外18度
	同			54. 东北星入胃6度少,去极96度半√
17. 天囷　13　在胃南	同		天廪4星	55. 南星入胃11度少,去极90度,在中道外9度(太)√
18. 天廪　4　在昴南	同		天苑16星,在毕南	57. 东北星入毕2度太,去极114度√
19. 天苑　16　昴毕南	同			72. 南星入毕9度,去极93度,在中道外19度半
20. 参旗　9　在参西 (一名天弓)		(参)右脚玉井中(65),左角参旗意(66)	玉井4星	[缺]
21. 玉井　4　在参左足下	同			
22. 屏　2　星玉井南	同	屎南有屏星(69)		76. 屏,北星入嘴太,去极118度,在中道外46度太√
23. 厕　4　在屏东	同	厕当左脚下(67),厕南有天屎(68)		77. 厕,两北星入参3度少,去极115度,中道(外)44度半
24. 天矢(屎)　1　在厕南	同		去屏星可一丈,当以秋分候之	78. 入参7度,去极123度,中道外13度
25. 军市　13　参东南	同	厕东有军市(70)	13星在狼南(应为西)	80. 军市十三星在狼西,西星入井3度少,去极110度
26. 野鸡　1　军市中	同			79. 同
27. 狼　1　参东南	同	市中有野鸡(71)东有狼、弧、矢(72)	狼1星 }在参,伐东	83. 甘德曰:狼"一星在东井南,入井13度,去极106度"
28. 弧　9　狼东南	同		弧9星 }	84. 西星入井16度,去极122度(少),在中道外52度半√
29. 老人　1　在弧南	去极百三十三度半	老人以渐远(73)出现称祥美(74)	一名南极老人,在狼、弧下	85. 入井19度,去极143度
30. 稷　5　七星南	去极百四十八度	星下称为稷(88)		89. 西星入柳14度少,去极138度在黄道外68度少也√

表4 甘 氏 中 官

甘氏中官(P2512)			《开元占经》卷69	《玄 象 诗》	《中 官 占》	《天地瑞祥志》
1. 天皇大帝	1星	钩陈口	同	辰居四辅内(227)		
2. 四辅	4	抱北极枢	同	帝座钩陈中(228)		
3. 华盖 杠①	7 9	大帝上	同	华盖宫门外(231)		
4. 五帝内座	5	华盖星下	同	五帝、六甲座(233)		
5. 六甲	6	华盖杠旁	同	杠旁近门阈(234)		
6. 天柱	5	在紫微宫中近东垣	同	天柱女御宫(237),并在钩陈侧(238)		
7. 柱下史	1	北极东	在北极东北(误)	柱史及女史(239)		
8. 女史	1	柱下史北	同	尚书位攒逼(240)		
9. 尚书	5	紫微宫门内东南维②	同			
10. 阴德	3	尚书西	同	门内近极旁(241)大理与阴德(242)		
11. 天床	6	紫微宫门外	同	门外斗杓横(243)门近天床塞(244)		
12. 天理	4	北斗魁中	同	天理魁中慝(254)		
13. 内厨	2	紫微宫西南角	西南角外,大宫之内	内厨依次设(249)后与夫人食(250)		41. 同卷子
14. 内阶	6	文昌北	同	天厨及内阶(235)		40. 同卷子
15. 天厨	6	紫微宫东北维外	同	宫外东西域(236)	天厨6星	
16. 策	1	王良前	同	策在王良侧(135)		
17. 传舍	9	华盖上,近河旁	同	传舍东西植(232)	传舍9星	
18. 造父	5	传舍南,河中	同	津东有造父(133)	造父5星	
19. 车府	7	天津东,近河旁	同	车府腾蛇旁(136)		
20. 人	5	车府东南内	同	人在危星上(137)		
21. 杵	3	人星南,河旁	人星旁	杵,臼人东厢(138)		
22. 臼	4	人星东③	近人星东西			
23. 扶筐	7	天津北	同	津北有扶筐(134)		
24. 司命	2	在虚北	同			
25. 司禄	2	司命北	同	命、禄、危、非卦(139)		
26. 司危	2	司禄北	同	重重虚上行(140)		
27. 司非	2	司危北	同			

① 原文误为柱。

② 原文误为淮字。

③ 原文多一"人"字。

续　　表

甘氏中官(P2512)			《开元占经》卷69	《玄　象　诗》	《中　官　占》	《天地瑞祥志》
28. 败瓜	5	瓠瓜旁	同	败在瓠瓜侧(129)		
29. 河鼓左旗	9	河鼓左旁	河鼓旁	旗居河鼓旁(130)		
30. 天鸡	2	狗国北	同	天鸡(与)狗国(123)南北正相当(124) 天鸡近北畔(125),狗国在南方(126)		列入外官20
31. 罗偃	3	牵牛东	同	罗偃牛东列(127)		
32. 市楼	6	在市中,临箕	同	市楼居市内(121)		
33. 斛	4	在(市)中,斗南	同	宦侧斗斛量(24)		
34. 日	1	在房[1],中道前	同	日落房心分(119)		
35. 天乳	1	在氐北	同	乳星居氐北(110)		
36. 亢池	6	在亢北	在亢池北[2]	亢池摄提近(115)		
37. 渐台	4	属织女东足		渐台将辇道(131)		
38. 辇道	5	属织女西足	同	俱邻织女房(132)		
39. 三公	3	北斗柄东√	北斗柄南(误)			
40. 周鼎	3	摄堤西	同	周鼎东垣端(117)依行在垣北(118)		
41. 帝座(应为帝席)	3	大角北	帝席3星大角北	帝席梗河侧(116)		
42. 天田	2	右角北	同	天门左角南(105)		
43. 天门	2	左角北×	左角南√	天田在角北(106)		
44. 中道(应为平道)	2	左右角间	同	平道有二星(107)角半东南植(108)		
45. 进贤	1	平道西	同	进贤平道西(109)		
46. 谒者	1	左执法东北	左执法北	门东谒者旁(187)		22. 同卷子
47. 三公内座	3	谒者东北	同	公、卿、五侯辈(188)		23. 同卷子
48. 九卿内座	3	三公北	同			24. 同卷子
49. 内五诸侯	5	九卿西	同			25. 同卷子
50. 太子	1星	黄帝座北	在帝座北			
《天文要录》51为三老,以下依次加一位数,在内五诸候北						
51. 从官	1	太子西北	同	太子当阵前(189)		26. 同√ 28. 同√
52. 幸臣	1	太子南	在帝座东北	从、幸西东边(190)		27. 同《开元占经》
53. 明堂	3	太微西南角	西南角外√	明堂列宫外(185)		19. 同√
54. 灵台	3	明堂西	同	灵台两相对(188)		18. 同√

① 误为"旁"字。

② 多一"池"字,应为在亢北。

续　表

甘氏中官(P2512)			《开元占经》卷69	《玄　象　诗》	《中　官　占》	《天地瑞祥志》
55. 势	4	太阳守西南(应为西北)	在太阳守北√	势、守衡南隐(253)		
56. 内平	4	中台南	同	内平列轩侧(179)		35. 四星在三台南
57. 爟	4	轩辕尾西	在轩辕尾南,柳北	爟星鬼上悬(180)		12. 同卷子
58. 酒旗	3	轩辕右角南	在轩辕右角	酒旗轩足置(181)	酒旗3星	13. 同
59. 天搏	3	东井北	东北井	井北天樽位(171)		11. 误为石氏
60. 诸天(应为王)	6	五车南	同	诸王天高北(162)		
61. 司怪	4	钺室北	在钺前	司怪与坐旗(167),车东正南植(168)		
62. 坐旗	9	司怪南[1]	司怪东北	司怪井、钺近(169),坐旗车、柱逼(170)		4. 在怪西北卷子
63. 天高	4	参旗西,近毕	同	天高毕御东(161)	天高4星	6. 在坐旗西(应为参旗)
64. 厉石	4	五车西北[2]	五车西	厉石在河内(159),船、车两边逼(160)	厉石4星	1. 五星在五车北× 2. 八星在五车东北卷子
65. 八谷	8	五车北(《晋》西)	同			
66. 天谗	1	卷舌中	天谗1星在卷舌中			
67. 积水	1	天船中	同	天谗与尸、水(155)		
68. 积尸	1	大陵中	同	处置常依式(156)		
69. 左更	5	在楼东	同	二更夹娄侧(153)		
70. 右更	5	在楼西	同	军门当奎北(154)		
71. 军南门	1	将军西北×	在天将军西南			
72. 天潢	5	五车中	同	咸池及五潢(157)		
73. 咸池	3	天潢东×	在天潢西北	并在车中慝(158)	咸池3星	
74. 月	1	在昴东		河、月及天街(163)		
75. 天街	2	昴间,在月星西×	在昴毕间,近月东	咸依毕昴侧(164)		
76. 天河[3]	1	在天廪西(误)	在昴西			

① 应为东北。

② 应为西南。

③ 误为天河。

表5 甘 氏 外 官[1]

甘氏外官 (P2512)			《开元占经》卷70	《玄 象 诗》	《外 官 占》	《天地瑞祥志》	
1. 青丘	7星	在轸东南	同	青丘、器府连(184)	贵兵7星	2.	同
2. 折威	7	在亢南	同	阵车骑北安(113)		8.	同
3. 阵车	7	在氐南	三星	折威东西植(114)			〔缺〕
4. 骑阵将军	1	骑官中、东端	同	车骑骑南隐(111)		13.	同
5. 车骑	3	骑官南	同	将军骑东匽(112)		12.	同
6. 糠	1	箕舌前	同	气廪飘箕舌前(120)			缺
7. 农丈人	1	南斗西南	同	农、狗鳖傍边(122)		24.	同
8. 狗	2	南斗魁前	同		狗星有2	21.	同
9. 狗国	4	建星东南	同	见中官天鸡(123—126)	狗国4	22.	同
10. 天田	9	牵牛南	同	天田坎北张(128)		30.	在牛南
11. 哭	2	在虚南	同			31.	同
12. 泣	2	在哭东	同	盖屋危星下(141)			〔缺〕
13. 盖屋	2	在危南	同	哭、泣在南方(142)		35.	同
14. 八魁	9	北洛东南	同	八魁在壁外(143)	八魁9星	42.	北落南
15. 雷电	6	营室西南	同	雷星营壁西(146)		43.	在室南
16. 云雨	4	霹雳南	同	霹雳惊羽林(147)		44.	同
17. 霹雳	5	土公西南	同	□□云雨沛(148)		45.	同
18. 土公	2	东壁南	同	土公东壁藏(145)		47.	同
19. 土公吏	2	营室西南	同	土吏危星背(144)		46.	同
20. 铁锧	5	天仓西南	同			49.	斧质(五星),在天仓西南
21. 天溷	7	外屏南	同	屏、溷居奎下(149)		51.	同
22. 外屏	7	在奎南	同	锧庾在仓前(150)		50.	同

①《天文要录》全。

续　　表

甘氏外官 (P 2512)			《开元占经》卷70	《玄象诗》	《外官占》	《天地瑞祥志》
23. 天庾	3	天仓东南	同			53. 天仓南
24. 刍稾	6	天苑西	同			56. 同
25. 天园	13星	天苑南	同	园、刍天苑接(151)		58. 14星在苑南
26. 九州殊口	9	天节下	同	天节、九州连(152)	九州九星在毕南	59. 同
27. 天节	8	在毕附耳南	同		天节8星	70. 同
28. 九游	9	玉井西南	同	军井屏星南(165)	九游9星	71. 玉井西
29. 军井	4	玉井东南√	在屏东南(误)	九游玉井侧(166)	军井4星	73. 同
30. 水府	4	东井南	同	井南水府域(172)		〔缺〕
31. 四渎	4	东井南辕东	同	井东疏四渎(174)		74. 同
32. 开兵(《要录》为阙兵)	1	南河南	阙丘2星南河南	丘在狼、弧北(176)		75. 阙　丘
33. 天狗	7	狼东北	同	天狗在厨边(178)		〔缺〕
34. 丈人	2	军市西南	同			81. 同
35. 子	2	丈人东	同	市南丈、子、孙(173)		包括在丈人中
36. 孙	2	在子东	同			82. 同
37. 天社	6	在弧南	同	社出老人东(175)	天社6星[1]	86. 同
38. 天纪	1	外厨南	同	天纪在厨前(182)		87. 同
39. 外厨	6	在柳南	同	外厨在柳下(177)		88. 同
40. 天庙	14	在张南	同		天庙14星	90. 在七星东南
41. 东区	5	在翼南	同	天庙、东瓯接(183)		91. 同
42. 器府	32	在轸南	同	青丘、器府连(184)		92. 同

① 原文误为天柱。

表 6　巫咸中外官[1]

巫咸中外官(P 2512)			《开元占经》卷 70	《玄　象　诗》	《中　官　占》	《天地瑞祥志》
1. 天尊	1 星	中台北	太尊	天尊中台北(217)		中 34,同
2. 三公(师)	3	北斗魁第一星西	同	三公魁上安(255)		中 42,同
3. 大理	2	紫微宫右星内(《星经》宫门内)	左星内	(241—2)见甘氏中官:阴德		
4. 御女	4	钩陈北	女御	(237—8)见甘氏中官:天柱		
5. 天相	3	七星北(晋志酒旗南)	七星大星北	天相七星边(218)		中 14,同《开元占经》
6. 长垣	4	少微西,南北列	同	长垣少微下(215)		中 17,少微南
7. 虎贲	1	下台南	同	贲位在魁前(216)×		中 32,同
8. 军门	2	青丘西	同	司空器府北(219)		外 3,同
9. 土司空	4	军门南	同	军门轸下悬(220)	土司空 4 星近青丘	外 4,同
10. 阳门	2	库楼北	库楼东北	阳门库楼左(191)		外 7,库楼东北
11. 顿顽	2	折威东南	同	顿顽骑官侧(192)		外 9,同
12. 从官	2	房星东,东北列×	房星南√	房下有从官(193)		外 15,房西,南北列
13. 天福	2	(《星经》为 3 星)房星东,东西列(误)	在房距西星	房西有天福(194)		外 14,房距星西,南北列
14. 楗闭	1	房东北	同	罚在东咸西(195)		
15. 罚	3	东咸西,南北列	同	键闭钩钤北(196)		
16. 列肆	2	天市中,角星西北[2]	同	列肆斗西维(199)		
17. 车肆	2	天市门,左星内	同	车肆东南得(200)		
18. 白度	2	宗星东北	帛度	屠肆与白度(197)		
19. 屠肆	2	白度北	同	次次宗旁息(198)		
20. 奚仲	4	如衡状,天津北	同	奚仲天津北(203)		
21. 钩	0	如钩状,造父东南(误)	在造父北√	钩星奚仲旁(204)		

① 《天文要录》全。

② 应为斛星西北。

续　表

巫咸中外官(P2512)				《开元占经》卷70	《玄　象　诗》	《中官占》	《天地瑞祥志》
牛	22. 天桴	4	河鼓右旗篇南北列	河鼓左旗端南北列×	天桴牛北累(205)	天桴4星	
斗	23. 天狗	8(星经7)	南斗柄第一星西	南斗南,杓第二星西	□龠狗前置(201)		外,23,在南斗初第二星西
斗	24. 天渊《星经》为天泉	10	在鳖东南,九坎间,一名三渊	一名天海	天渊(?)次居北(202)	天泉10星	外26,在鳖东,晋志曰天池
天文要录将十二国合算一官,故只有三十三官	25. 齐	1(星经2)	九坎东,? 星北	同			
	26. 赵	1(星经2)	在齐北	2星	诸国次次行(206)		
	27. 郑	1	在赵北	同			
	28. 越	1	在郑北	郑西北			外28,十二国十六星
	29. 周	2星经在秦南	在越东	越东北			
	30. 秦	2	在周东,南北列	在周东南			
	31. 伐[①]	2	在秦南	在秦东南			
	32. 晋	1	在伐西(北一星经)	在伐西南			
	33. 韩	1	在晋北	同			
	34. 魏	1(魏2)	在韩北	在韩,近秦星			
	35. 楚	1	在魏西(星经:南)	在魏西南,近郑星			
	36. 燕	1	在楚南	在楚东南,近晋星			
	37. 离榆	3	秦、代东,南北列	在代东,南北列	离瑜白西隐(207),天垒白中藏(208)		外29,同
	38. 天垒城	13	如贯索。哭、泣南	同	缺		外32,同
	39. 虚罘[②]	4	在危南	同	虚梁危下安(213)		外36,同
	40. 天钱	10	北落西北	同	天钱北落北(209)		外33,同
	41. 天纲	1(《星经》为2)	北落西南	同	铁锁羽林藏(211)		外37,同
	42 铁锁(斧钺)	3	八魁西北	一曰铁钺	天纲羽门塞(212)		外38,二星
	43. 天厩	10	东壁北	东壁北,近王良	天厩王良侧(210)	天厩7星大陵西南	
	44. 天阴	5	毕柄西	同	天阴毕头息(214)		外60,同

① 应为“代”。
② 应为“虚梁”。

孔子思想与科技*

一　问题的提出与研究方法

许多从事于科技史研究的学者很正确地指出，把某制作或发明归功于某一人，如把“作数”归功于隶首或造“律吕”归功于伶伦，是不可全信的。因为这类制作或发明常常是逐渐演进而来的。但谈到儒家和科技的关系时，一些学者又往往毫不犹豫地将两千多年来的儒家思想推定到孔子一人身上。这种显然不一致的态度是值得注意而应予避免的。研究与评论孔子的思想及其对科技和社会政治的影响应以他的实际工作为基础，以他的生活时代为背景。明确地分别他本人思想的原意和后人对它的诠释和引申，这是在研究上一个客观的要求。

孔　子　像

（宋·马远作。选自《中国大百科全书·中国历史Ⅰ》）

孔子（前 551—479）没有自己的著作留下来。这情形与希腊的苏格拉底（约前 470—399）及其以前的哲学家类似。因此我们又必须从其弟子及同时代人的记载中探索其本人的思想与作为。研究孔子最可靠的一本书是《论语》[1]。现存《论语》全书仅 16 509 字，只相当于一篇长文，但这不是一篇文章，而且不成于一人之手，正如《汉书·艺文志》所说：“《论语》者，孔子应答弟子、时人，及弟子相与言而接闻于夫子之语也。当时弟子各有所记，夫子既卒，门人相与辑而论纂，故谓之《论语》。”相与论辑者何人？历来争论不休。

从内容来看，《论语》也不单纯是一本语录，其中有门人之间相互答问者，有称引古代遗书者，如最后一篇“尧曰”可能有《尚书》的佚文。有历述古代贤人者（如逸民七人等），有记载当时之礼俗者，如“乡党”篇等等。在这样一本内容相当庞杂，编排很乱而又非出一人之手的著作

* 合作者：程贞一

中，去了解孔子思想又何其难！

在这种情况下，我们给自己规定了一条限界：只采用《论语》中孔子本人的言论作为综合孔子思想体系的立论根据。这样做也不一定全面和客观，因为《论语》中没有记载的事不等于没有，《论语》中已经记载的也不一定准确地反映了孔子的思想。但是，在现有条件下，我们认为这还是一个合理的方法。

我们的目的是要了解孔子的思想及其对科技发展的关系。要达到这目的，我们力求系统分析，把《论语》中同一类思想的片言只语，联系起来综合成一个思想体系，然后以这思想体系为核心，而以其他书籍中所载孔子的言论为参考，来分析孔子思想与科技发展的关系[2]。

二　孔子的理哲思想

在孔子的时代人与自然的关系已有"形而上"的认识，人的生存与自然的变化必调和共存。"天"在孔子理哲思想中是自然抽象的总体，包涵宇宙万物的形成与变化规律。他曾说：

> 天何言哉！四时行焉，百物生焉，天何言哉！（《论语·十七》）

天所操纵的是自然现象，不因人而变，因此天对人来说，是没有"权"的[3]。但人本身的自然现象也是天操纵的，这操纵是孔子所谓的"天命"。譬如人之生死。在探问冉伯牛病疾时，孔子自牖执其手而曰："亡之命矣夫！斯人也，而有斯疾也！"（《论语·六》）这里的"命"是孔子对人本身所不能控制的现象的一个理解性的认识与接收，并没有"权"的涵义。孔子认为这种理解性的认识是非常重要的。他曾说："不知命，无以为君子也；不知礼，无以立也；不知言，无以知人也。"（《论语·二十》）他自己承认，"五十而知天命"（《论语·二》）。

孔子把"天"的概念理哲化，自然就否定了《尚书》与《诗经》中对"天"有关神化的看法。他不接受任何迷信性的神权信仰，因此他主张"敬鬼神而远之"（《论语·六》），不轻易讨论有关"鬼神"与"死亡"的问题，例如：

> 季路问事鬼神。子曰："未能事人，焉能事鬼？"曰："敢问死。"曰："未知生，焉知死？"（《论语·十一》）

《论语》中载有下列孔子言论：

> 人而不仁如礼何？人而不仁如乐何？（《论语·三》）
> 祭如在，祭神如神在。
> 子曰："吾不与祭，如不祭。"（《论语·三》）

由此可见，孔子认为礼乐是为人而非为鬼神而行。礼、乐、祭祀虽存其社会价值，但亦有其限度，孔子主张为礼不奢：

> 林放问礼之本。子曰："大哉问！礼与其奢也宁俭；丧与其易也宁戚。"（《论语·三》）

并认为“非其鬼而祭之，谄也”(《论语·二》)。

对孔子来说，祈祷于天是没有意义的。他认为纵然在传统所谓的“获罪于天”的情况下，也是“无所祷也”(《论语·三》)。虽然孔子的“天”没有“神”与“权”的因素，“天”对孔子仍存有一种精神寄托的作用。在《论语》中，孔子曾说：

予所否者，天厌之！天厌之！(《论语·六》)
天生德于予，桓魋其如予何！(《论语·七》)
天之未丧斯文也，匡人其如予何。(《论语·九》)
不怨天，不尤人，下学而上达。知我者其天乎！(《论语·十四》)

当颜渊死，子曰：“噫！天丧予！天丧予！”(《论语·十一》)这些是孔子给自己在精神上的一种支持。

除“天”之外，孔子理哲思想中另一重要观念是“道”。孔子认为“道”是最高的理想，也是最完善的方法。因此，孔子以终生“志于道”(《论语·七》)，从事于“仁”与“礼”的教育，以求“人之道”；及学术理论的教育，以求“自然之道”。孔子把“道”和“人”的关系解说如下“人能弘道，非道弘人。”(《论语·十五》)这与“天”和“人”的关系有基本上的区别，“天”是自然的总合，非人可加以左右的。但是“道”是人人所可求得的，“人之道”是人人所可求而遵之以行，“自然之道”是人人所可求得而加以理解的。孔子提倡以理推道，他说：“吾道，一以贯之。”(《论语·四》)就是说：他的道是采取一以贯通的推理方法而求得的[4]。孔子也主张取法于自然，把“自然之道”作为“人之道”的启示，例如：

为政以德，譬如北辰，居其所而众星共之。(《论语·二》)

这种“模式似”的思维是孔子理哲思想的一个特征。

三　孔子的治学态度与推理方法

孔子对求知有热烈的爱好。在《论语》中他曾说：

学而时习之，不亦说乎！(《论语·一》)
十室之邑，必有忠信如丘者焉，不如丘之好学也。(《论语·五》)

对孔子来说，任何事物都有知识可学，任何人士均有经验可取。他说：“三人行必得我师焉，择其善者而从之，其不善者而改之。”(《论语·七》)因此他主张“不耻下问”(《论语·五》)，“多见而识之”(《论语·七》)，培养“学如不及，犹恐失之”的竞争毅力(《论语·八》)。孔子治学是非常严谨的，他要求实事求是。因此他认为做学问必须要有“知之为知之，不知为不知”的精神(《论语·二》)。这是治学的一个基本伦理，也是一个学者所必有的修养。

在治学方法上，孔子主张学思并重。他认为：

学而不思则罔，思而不学则殆。(《论语·二》)

这里的“思”是思考的意思。那就是说，光学习不思考，就罔然无所解；光思考不学习，就殆然无所得。要更进一步了解孔子治学的方法，我们必须知道孔子的“思考”是以什么方法进行的。分析孔子在思考方面的言论，我们可知孔子所谓的“思考”就是“以理推之”。他注重弟子“闻一而知二”的推理能力。他认为培养闻一而知二，闻二而知三的推理能力可达到“一以贯之”的地步，那就能把知识融会贯通。这推理的方法孔子曾在与子贡谈话中提出：

子曰：“赐也，女以予为多学而识之者与？”
对曰：“然，非与？”
曰：“非也，予一以贯之。”（《论语·十五》）

孔子虽没有用“演绎”这名词，但这种以推理而贯通的方法却是属于演绎推理系统的，符合知识论的逻辑。

孔子的另一求知方法是“扣其两端而竭”（《论语·九》）。

子曰：“吾有知乎哉？无知也。有鄙夫问于我，空空如也。我扣其两端而竭焉。”

在这段讨论知识的话中，孔子自认“无知”。对许多问题也常空无所答。因此他采用扣其两端而尽其论的方法来追寻答案。那就是利用一问题的相对观点，尽其中之矛盾关系来分析，以求得正确的了解。孔子这段讨论，似乎与苏格拉底的不以智者自命的立场与采用“诘问”、“除非求正”的方法类似。事实上，孔子的“扣其两端而竭”的方法，与苏格拉底的“诘问法”，均属于辩证体系的求知方法，但孔子的竭其两端法比较具体而明白。

“扣其两端而竭”的辩证逻辑，对中华文化具有特殊影响。我们甚至可在汉语构词中找出这影响的痕迹[5]。例如采用“冷”与“热”两极端相对的概念构词“冷热”来表达温度概念。这类“扣其两端而竭”的构词方法，在汉语中是常常见到的。现代科技理论中也常见到辩证逻辑基于相对矛盾原理的综合法。

四　孔子的教育理论与实践

孔子是一个伟大的教育家。他一生以“学而不厌，诲人不倦”（《论语·七》）的精神从事教育，培养人才。他开创私人讲学的教育体系，首建“有教无类”的原则（《论语·十五》），提出因材施教的方法。孔子在教育理论与实践方面的成就是中外居首，永放光芒的。

孔子对教育的看法是不仅每人应有受教育的机会，同时每人应把受教育作为自己的责任。只有在道德和知识上得到适当的提高，一个人才能成为君子。在孔子思想里，君子和小人的区别是建立在品德与知识的修养上，与出身和社会地位是没有关系的。所以孔子常把君子与小人两个概念拿来对比，以劝人上进。例如：

君子周而不比，小人比而不周。（《论语·二》）
君子喻于义，小人喻于利。（《论语·四》）

孔子这种比较以及“有教无类”的措施，不但提高了教育在做人上的重要性，并且促进了普及教育的发展。

孔子在教学方法方面也有特殊的创见。他认为人的先天本性都很类似相近，但人的天赋智慧并不人人相等。因此，孔子在有关人性的道德伦理教育与有关智慧的学术理论教育上，所采取的方法并不相同。孔子认为：“性相近也，习相远也。(《论语·十七》)就是说，人在道德伦理方面的差异是后天教育和习染的结果，因为人的先天本性原来是很相近的。根据这理论，孔子很重视后天教育与环境习染。

道德伦理教育的中心是“仁”。对孔子来说，“仁”是人之所以为人的那些性质，而那些性质也便是人道的最高真理。因此，他主张：“当仁，不让于师。”(《论语·十五》)并提倡“杀身成仁”的精神。他说：“志士仁人，无求生以害仁(人)，有杀身以成仁。”(《论语·十五》)孔子这种“不让于师”的教育是一项超时代的创见。更为难能可贵的，是孔子深信要培养人达到“仁”的境界，只需要合理的教育与适当的环境，并不需要用神鬼惩罚来威胁，也不需用来世幸福来引诱。这种以道理与行为的榜样来进行道德伦理教育的方法，是孔子思想的特色。

在学术理论方面，孔子的教育是学思并重，以理推之。这我们在上一节里已做了详细论述。现在再就孔子认为人的天赋才能不同因而采取因材施教的办法，做一些说明。

孔子了解因天赋智慧不一，人的推理能力有差异。他曾把人的推理能力分为三等：

> 生而知之者上也；学而知之者次之；困而知之又其次也。(《论语·十六》)

但孔子认为，就是智慧差，也不应自暴自弃。因此他认为“困而不学，民斯为下矣”(《论语·十六》)。孔子评自己为学而知之者，但与其弟子颜回比，孔子自叹不如：

> 子谓子贡曰：“女与回也孰愈？”
> 对曰：“赐也何敢望回，回也闻一以知十，赐也闻一以知二。”
> 子曰：“弗如也，吾与女弗如也。”(《论语·五》)

有了对智慧不一的认识，孔子对其弟子的教育与要求常因其天赋智慧而有所不同。他采取因材施教的方法。

五　孔子的政治理想与为政之道

孔子的理想社会，是一个“老者安之，朋友信之，少者怀之”(《论语·五》)，人人安居乐业的社会。要创建这样一个社会，孔子认为应以德教民，以礼齐之。他说：

> 道之以政，齐之以刑，民免而无耻；道之以德，齐之以礼，[民]有耻且格。(《论语·二》)

以德教民，以礼治国，人民必须生活富宁，有适当教育。为政的人自己应有才能与道德修养。孔子主张“选贤举能”，对庶民应“富之”并“教之”(《论语·十三》)。

虽然孔子的理想是以德教民，以礼治国，但他了解政治现实，认为武力也是立国的基本因素。

子贡问政。子曰："足食，足兵，民信之矣。"

子贡曰："必不得已而去，于斯三者何先？"

曰："去兵。"

子贡曰："必不得已而去，于斯二者何先？"

曰："去食。自古皆有死，民无信不立。"（《论语·十二》）

但孔子仍把"民信"列为最重要的立国因素，就是"道千乘之国"也须以人民的利益为重。他要求："敬事而信，节用而爱人，使民以时。"（《论语·一》）要取信于民，孔子认为为政者必须以身作则，处事公平。他说：

政者正也，子帅以正，孰敢不正？（《论语·十二》）

其身正，不令而行；其身不正，虽令不从。（《论语·十三》）

举直错诸枉，则民服；举枉错诸直，则民不服。（《论语·二》）

苟正其身矣，于从政乎何有？不能正其身，如正人何？（《论语·十三》）

孔子认为，一个社会里每一职位有其权也有其责，因此任何人在他的职位里可使用职位的权，但也必须尽职位的责任，只有如此这职位的任务才能获得正确的实行。

齐景公问政于孔子。孔子对曰："君君，臣臣，父父，子子。"

公曰："善哉！信如君不君，臣不臣，父不父，子不子，虽有粟，吾得而食诸？"（《论语·十二》）

在这里"君君"的第一个"君"字是名词，指君的职位与为君之人。第二个"君"字是动词，指为君之实践。"君君"的意思是为君者应实践君道。孔子在这段谈话中的意思，就是要担当每一职位者尽其任务。这是一个为政措施的原理，并非是保守封建的秩序。很明显，孔子认为君与臣的权及父与子的权是相对建立的。在分析《春秋》中 36 个君主被杀事件，孔子认为有些君主的被杀是合理的。他用"弑"代表杀者有罪，用"杀"代表杀得合理。由此可见，孔子并不认为君主有绝对权，如君主不行君道也得受惩罚。

一个在职者应落实其职位的任务，不仅是一个为政措施的问题，也是一个"正名"逻辑的问题。那就是一个名词应代表其名词的涵义，即孔子所谓的"辞达而已矣！"（《论语·十五》）"正名"在为政上的应用见于《论语》第十三章：

子路曰："卫君待子而为政，子将奚先？"

子曰："必也正名乎。"

子路曰："有是哉？子之迂也，奚其正？"

子曰："野哉，由也。君子于其所不知盖阙如也。名不正则言不顺；言不顺则事不成；事不成则礼乐不兴；礼乐不兴则刑罚不中；刑罚不中则民无所错手足。故君子名之必可言也，言之必可行也。君子于其言无所苟而已矣。"

很明显,孔子采用了“正名”为其为政理论的内在逻辑。在这里,“正名”的宗旨是防止执政者的曲辞改意,遂其私利。

孔子虽然了解政治的现实性,但他并不因此而放弃他的理想。他深信理想社会并非仅存在于理论之中,而是人类可由实践达成的。为了加强人们对理想社会的信心,他常把历史上值得提倡与模仿的事迹与措施加以赞美,以历史为师。中国由史前原始文化,转到尧舜文明,是历史上一个极大的转变。虽然于今去古太远,我们无法确定尧舜文明中的推贤荐能是否已达到禅让的理想,甚至也无法确定是否有推贤荐能这回事,但这种推贤荐能思想的出现与认识,其重要性是无法估价的。孔子对尧舜的赞美是要强调这种思想措施在施政上的重要性。

在现实的社会里,君主不让,但孔子认为推贤荐能仍然是为政的重要措施。季氏宰仲弓问政(《论语·十三》):

> 子曰:“先有司,赦小过,举贤才。”
> 曰:“焉知贤才而举之?”
> 子曰:“举尔所知;尔所不知,人其舍诸?”

这段对话也讨论到如何知贤能。孔子对这问题还有下列建议:

> 今吾于人也,听其言而观其行。(《论语·五》)
> 众恶之必察焉,众好之必察焉。(《论语·十五》)

很明显,孔子认为评论人的贤能,不仅要听其言论而且要观察其行为;大众的意见必须听取,但要有所分析。孔子了解,就是贤能的人为政的成就也有其局限性。

> 子贡曰:“如有博施于民而能济众,何如?可谓仁乎?”
> 子曰:“何事于仁,必也圣乎!尧舜其犹病诸!”(《论语·六》)

孔子对冲突对立的问题,也有其独到的处理方法。利益冲突的问题是为政常常遭遇的实际问题,处理这类问题,孔子认为双方必各有所“让”,只有这样才能达到公道不偏各得其所的地步。因此他主张采用“中庸”之道,认为“过犹不及”(《论语·十一》)。“中庸”原则是采取“中行”,避免极端。子曰:“攻乎异端,斯害也已。”(《论语·二》)《论语》第九章载有:“子绝四:毋意,毋必,毋固,毋我。”这就是说孔子提倡不主观,不武断,不固执,不自私。他认为为人处事能有所让是一种美德。

子曰 :“中庸之为德也,其至矣乎,民鲜[能之]久矣。”(《论语·六》)在修身方面,孔子也主张中庸,避免极端,例如“乐而不淫,哀而不伤”(《论语·三》)。

在这里,我们应说明“中庸”是一个为人处事的方法,也是一个为政的方法,但不是求学推理的方法。上面已解说过孔子“一以贯之”与“扣其两端而竭”的两种推理方法(见第三节)。焦循曾把“扣其两端而竭”与“中庸”混为一谈[6],这是错误的。“中庸”之道是冲突交涉、利益协商、政治谈判等相对问题的措施方法,与“扣其两端而竭”的辩证方法是没有关系的。

孔子在政府结构上虽没有特殊的创新,但在为政方面不仅有超时代的贡献,同时也建立了一个独有的体系。孔子认为家是社会的基本单位,主张为政起于修身治家。他曾引古书曰:

书云:“孝乎惟孝① 友于兄弟,施于有政。”是亦为政,奚其为为政?(《论语·二》)

孔子把“家”作为培养为政贤能的基本单位,有其独创性。这与苏格拉底、柏拉图(前427—前347年)和亚里士多德(约前384—前322年)的看法均不同。柏拉图辩论“家”不是培养道德而是推动私人经济的机构,他认为与太太和子女们在一起没有什么增加智慧的余地。亚里士多德对“家”的看法比柏拉图较有好感,他认为“家”与其他人为组织对社会均有适当的影响。

孔子的重视贤能执政,与苏格拉底和柏拉图的看法甚为类似。他们所理想的都是道德高尚的社会,但孔子与他们培养贤能的理论与为政措施的理论,有明显的不同之处。孔子的方法比较实际也有弹性。孔子没有像苏格拉底和柏拉图的机会体验到雅典人民的“小城社民主”(当时的公民不包括为数众多的奴隶)。虽然我们无法知道如果孔子有了这机会,是否会与苏格拉底和柏拉图同样的极力反对“小城社民主”,但孔子有许多理论和措施与民主精神是很符合的,如他重视民意、主张选贤荐能和提倡“中庸”之德等等。孔子这些理论和措施,比亚里士多德要近于民主。

六 孔子思想与科技关系的分析

现以上述孔子思想体系为核心,以其他书籍中所载的孔子言论为参考,来讨论孔子思想与科技的关系。在讨论这问题之前,我们得先说明在孔子生活的时代,科学还没有形成专门知识,科学技术尚未形成社会生产力,甚至于“科学”一词还没有出现。因此我们不是讨论孔子本人在科技方面的成就,而是讨论他的思想与措施对后来科技在中华文化中发展的影响。我们对这问题的分析为:孔子的理哲思想对科学自然观发展的关系;孔子的教育理论与实践及其治学态度与推理方法对科学及其理论的探索与研究的关系;孔子的政治理论与为政之道对科学技术工业化的影响。

由孔子的理哲思想(第二节),可见孔子对自然的认识已脱离迷信阶段。他所要求的是理解性认识。有人把孔子所说的“子不语怪力乱神”评论为孔子不注意自然界的奇异现象。譬如李约瑟在指出不正常现象对认识自然的重要性后,给孔子这句话作了下列的批评[7]:

孔子不愿讨论这类似乎与社会问题无关的[奇异自然]现象。两千年来儒家均以他(孔子)为例,令道家与技术家们失望。

在这里李约瑟的见解是可以商榷的。

孔子这句话的意思是不谈怪力乱神这类的迷信,并非不注意自然界的奇异现象。在《左传》中,有孔子称赞不用迷信解释奇异现象的多次纪录,例如在哀公六年(前489)秋七月有以下记载:

是岁也,有云如众赤鸟,夹日以飞三日。楚子使问诸周大史。周大史曰:“其当王身乎!若禜之,可移于令尹、司马。”王曰:“除腹心之疾,而置之股肱,何益?”遂弗禜。

---

① 据《论语读训解故》,此句应为“孝乎父母”。

初，昭王有疾，卜曰："河为祟。"王弗祭。大夫请祭诸郊。王曰："三代命祀，祭不越望，……河非所获罪也。"遂弗祭。孔子曰："楚昭王知大道矣，其不失国也，宜哉！"

这段纪录很清楚地反映了孔子对怪力乱神这类迷信的看法。

孔子对奇异自然现象是很注意的。譬如在编著《春秋》时，他有系统地纪录了 37 次日食，未加一句占语。在上面已叙述过，孔子不但注意自然，并主张把"自然之道"作为"人道"的启示。例如："为政以德，譬如北辰，居其所而众星共之。"在孔子的理哲思想中，"天"是自然的总合，天地万物之变化均为自然现象，非神所为。除上述《论语》中所记载的之外，其他书籍也记有孔子在这方面的言论。例如：

无为而物成，是天道也。（《礼记·哀公问》）

知变化之道者，其知神之所为乎。（《易经·系辞上》）

由此可见，孔子对自然的认识，与宇宙是自然形成的理论，并无冲突之处。孔子的理哲思想对发展科学自然观并不含有任何阻抑因素。

分析孔子有关教育的言行（第四节），可见他在这方面的理想与实践，确有超时代的贡献，对中华文化有极大的影响。他的"有教无类"原则，不但首创教育平等的概念与措施，并且从他个人做起，开始了教育向民间展开的过程，促进了后来科举考试制度的实践。很明显，这对科技的发展有帮助。孔子的治学态度与推理方法（第三节），对科学探索与研究的发展，也是有益无害的。孔子的"好学"及其"学如不及"、"不耻下问"、"多见而识之"、"不知为不知"等治学态度，就是在现代来说也是同样地重要。孔子的推理方法也有其科学价值。他的"一以贯之"推理方法，虽缺少由闻一到知二步骤的实例与解释，但其由一推二直到一以贯通的思维是合乎"演绎"原理的。孔子的"扣其两端而竭"的辩证方法，在辩证逻辑上比苏格拉底的纯"诘问法"要具体。孔子在当时能提出这两种综合性的推理方法，对科学发展是极为有利的。

有些学者批评孔子的教育偏重于处事为政和道德伦理方面的教育，不注重自然现象和学术理论方面的教育，因此造成科技在中华文化中没有受到重视。这批评缺乏时代性的分析。

在孔子时代，人们对自然现象的认识与学术理论方面的知识，根本还在萌芽的阶段。因此在这方面的具体知识，譬如商高的勾股定理和音律比率的辨认，仍为极少数人的成就。对自然知识方面的教育，当时尚未有充分的认识。自然知识的教育是逐渐形成的，就是在孔子之后的苏格拉底和柏拉图时代，同样是偏重于处事为政和道德伦理方面的教育。但与苏格拉底和柏拉图相比，孔子在自然知识方面的教育仍有领先的贡献。在自然现象方面，孔子提倡以"自然之道"作为"人道"的启示。他不但从事于纠正迷信，以求对自然理解性的认识，并且有系统地纪录日食现象，不加占语。除此之外，孔子在音乐上也有高深的个人造诣。他注重音乐的教育，这对早期声学发展是有益的[8]。在学术理论方面，孔子的"一以贯之"的推理方法和"扣其两端而竭"的辩证方法，对科学的发展也是有益的。

分析孔子的教育理论与实践，我们找不出任何因素，可同意有关孔子教导弟子"念死书"的批评。不求理解的"念死书"，是孔子所极为反对的。他认为"学而不思则罔"，主张弟子多问多思，学思并用。孔子曾经说过："温故而知新，可以为师矣。"（《论语·二》）这里的"温故而知新"，并不是"多温故，新知识自然就来"的意思。相反，孔子认为由温故而能知新是一种特殊的才能，非常人可为；一个人必须要有多面分析的能力，才能达到"温故而知新"的地步。有这种才

华的人,孔子认为是有资格做老师的。孔子的教育方法是很有弹性而不死板的。例如《论语》所载孔子与子路、曾晳、冉有和公西华四弟子的轻松座谈(《论语·十一》)。又如孔子对其学生的批评:

饱食终日,无所用心,难矣哉!不有博弈者乎?为之,犹贤乎已。(《论语·十七》)

这里,孔子认为就是下棋也可以训练脑筋。由此可见,孔子的教育方法是很开通的。“念死书”的批评是毫无根据的。

有些学者批评孔子为学不像苏格拉底与柏拉图注重辩论,这对科技在中华文化中的发展是有抑制性作用的。为证实孔子培养弟子顺从不辩,学者们常引下列孔子对其得意弟子颜回的评论作为论据:

吾与回言终日,不违如愚。退而省其私,亦足以发,回也不愚。(《论语·二》)

在这评论中,孔子虽说颜回“不违如愚”,但并没有因此而称赞颜回,也没有同意他这种态度。这评论根本就不能证实孔子不注重辩论。相反的,由这评论可体会到孔子对颜回在讨论时“不违”的态度是不满意的,因此才“退而省其私”作更进一步的观察。事实上,孔子对颜回这种“不违”态度,在《论语》中有直接的批评。他说:“回也,非助我者也,于吾言无所不说。”(《论语·十一》)由此可见,颜回虽然为得意门生,孔子对他无所不倾顺的态度仍然是不满意的。

我们得了解,孔子所谓的“君子矜而不争”(《论语·十五》)的意思是“不争功”、“不争利”,并不是“不辩论”。孔子主张“君子和而不同”(《论语·十三》)。孔子的教育方法,重视讨论,并鼓励提意见。他主张求学应“多闻”、“多见”及“不耻下问”(《论语·五》),并鼓励弟子们培养自己的推理能力。他说:“不愤不启,不悱不发,举一隅不以三隅反,则不复也。”(《论语·七》)《论语》中记载弟子(如子路、子贡等)与孔子不同意见的多次辩论,孔子不但不责怪,并在发现自己不对时,接受弟子的意见。孔子这种作风与上述他的教育理论、治学态度和推理方法,都是一致的。不论是在道德伦理方面,或学术理论方面,孔子的教育均注重辩证。事实上,孔子所提倡的“当仁,不让于师”的精神及其所创的“扣其两端而竭”的辩证方法,都为超时代的创新,对科技发展不但无害而且有促进的作用。

讨论孔子对科学技术发展的影响,近来学者往往认为孔子轻视工技。下面两段孔子的言论,经常被用来作为孔子轻视工农生产的论据。一是孔子所说的“君子不器”(《论语·二》),另一是孔子批评樊迟请学稼之事[9]。“君子不器”的字面意思当然是“君子不做工具”,但这并非要人们不制造生产工具。孔子这句话的意思,是要人们有自己独立的人格与思想,不做人云亦云的工具。孔子了解“器”在为工上的重要性。在《论语》第十五章中,子曰:

工欲善其事,必先利其器。

在《中庸》引孔子讨论为邦时,也谈到“来百工则财用足”的道理。

由此可见,孔子不但不轻视工技,而且了解工技在治国轻济上的重要性。

孔子批评樊迟请学稼之事,见于《论语》第十三章:

樊迟请学稼，子曰："吾不如老农。"请学为圃，曰："吾不如老圃。"樊迟出。

子曰："小人哉，樊须也，上好礼，则民莫敢不敬；上好义，则民莫敢不服；上好信，则民莫敢不用情。夫如是，则四方之民襁负其子而至矣，焉用稼？"

这里孔子给樊须的评论是他学政不注重"礼"、"义"及"信"，而要问"稼"和"圃"之事。这是有关樊迟立志和旁务的批评，并不是轻视农业。《论语》中记载樊须请问孔子多项，孔子均有回答，有一处并赞其"善哉问"（《论语·十二》）。这里是一个"分工"的问题。孔子知道农业的重要。上面已叙述过，孔子认为除了"民信"之外，为政最重要的条件是"足食"。他要求为政者能"使民以时"（《论语·一》）而达到"足食"的条件。

孔子对农业的重视，也可引他与南宫适的对话为证：

南宫适问于孔子曰："羿善射，奡荡舟，俱不得其死然，禹、稷躬稼而有天下。"夫子不答。南宫适出。

子曰："君子哉若人，尚德哉若人。"（《论语·十四》）

在这里孔子赞南宫适能体会禹、稷之有天下是因其在躬稼方面的功绩。孔子曾赞禹"卑宫室而尽力乎沟洫"（《论语·八》）。

事实上，孔子本人在农务与工技方面也有相当的知识。在对弟子解释学习《诗经》的目的时，孔子指出其中之一就是"多识于鸟兽草木之名"（《论语·十七》）。在言论中，孔子也常引用农植与工技方面的知识以表达意思。例如：

人而无信，不知其可也；大车无輗，小车无軏，其何以行之哉？（《论语·二》）
朽木不可雕也，粪土之墙不可杇也。（《论语·五》）
犁牛之子骍且角，虽欲勿用，山川其舍诸？（《论语·六》）
苗而不秀者，有矣夫；秀而不实者，有矣夫。（《论语·九》）
岁寒然后知松柏之后凋也。（《论论·九》）

孔子少年因贫穷曾从事于农务和工技方面的工作。孔子认为这些经验是很值得珍惜的。这可由下列记载而体味到：

大宰问于子贡曰："夫子圣者与？何其多能也？"子贡曰："固天纵之将圣，又多能也。"

子闻之，曰："大宰知我乎？吾少也贱，故多能鄙事。君子多乎哉？不多也。"（《论语·九》）

由此可见，孔子对"鄙事"毫无轻视之意。相反的，他认为"多能鄙事"是有价值的。

在孔子时代，科学技术已开始在农工生产上发生影响，如兴修水利在农作物生产上的应用、制陶铸金在器具生产上的应用、机纺练染在丝织生产上的应用。虽然这些技术的应用均建立于经验上，但对当时社会是有显著影响的。分析孔子的政治理论与为政之道（第五节），我们没有发现任何因素有害于科学技术在社会生产应用上的发展。孔子在经济生产方面的见解，是节用与分工。他赞美沟洫躬稼，主张使民以时以求足食。他促进来百工以足财用，这对后来

科学技术的工业化是应无害而有益的。

近四十年来，学者们在科技史方面的研究有了显著的进展，对中华民族在科技上的贡献也有了比较清楚的了解。我们有充分的资料证实科技在中华文化中曾多次领先，在 13 世纪之后才逐渐衰退，尤其是在 17 世纪开始无法正确地反应西方所兴起的科技改革，造成中西科技悬殊的现象。有些学者把造成这现象的原因推定在儒家及两千多年前的孔子身上[10]。由上面的分析，可见孔子的思想与措施对科技发展不但无害而且是有益的，对早期科技在中华文化中的发展有极重要的帮助。要了解近三百年来科技在中国没有能迅速发展的原因，我们必须分析这段时期的政治与经济对科技发展的影响，不能笼统地把原因归罪于两千多年前的孔子。

（本论文承加州大学 *EAP Pacific Rim Faculty Exchange Program* 的资助，在此表示感谢。）

参 考 文 献

[1] 本文所据《论语》版本为唐开成石经《论语》（世界书局）及程石泉《论语读训解故》（香港，友联出版社，1972）.

[2] 近来对这问题的讨论见薄树人《试谈孔孟的科技知识和儒家的科技政策》，《自然科学史研究》，1988 年第 7 卷第 4 期，297—304 页；Cheny-Yih Chen（程贞一）. *Scientific Thought and Intellectual Foundation in China* 中华科学思想与文化基础（圣地亚哥加州大学中国研究课目 170*A* 讲义，1981）.

[3] 《论语·十二》中之“富贵在天”这句话是子夏之言论，常被误认为孔子的言论.

[4] 见本文第三节有关孔子推理方法的讨论.

[5] 程贞一. 汉语同科技之关系. 大自然探索，1987，6(2)：18—24；新华文摘，1987(8)：164—167.

[6] 焦循：《论语补疏》(1816)，《雕菰集》第 9 卷.

[7] Joseph Needham. *Science and Civilization in China*. Vol. 2. Cambridge University Press. 1956. 15.

[8] 1978 年在湖北随县曾侯乙墓出土一套 64 只双音编钟，制于公元前 433 年之前，比孔子时代迟约半世纪. 这编钟的十二音律与钟响构造确证那时中华民族在声学上的成就已远超过同时代的其他民族。见随县擂鼓墩一号墓考古发掘队：《湖北随县曾侯乙墓发掘简报》，《文物》1979 年第 7 期，1—16 页；编钟在乐理上的成就见黄翔鹏《先秦音乐文化的光辉创造》，《文物》1979 年第 7 期，32—39 页；编钟频率测量见上海博物馆青铜器研究组《曾侯乙编钟频率实测》，《上海博物馆集刊》（上海古籍出版社，1982），89—92 页；编钟振动模式的研究见王玉柱、贾陇生、华觉明等《古编钟振动模式与结构分析》（第 16 届国际科学史大会论文，1981）；编钟在声响上的成就见戴念祖《中国编钟过去和现在的研究》，《中国科技史料》1984 年第 5 卷第 1 期，39 - 50 页；编钟在音律上的成就见 Cheng - Yih Chen（程贞一）The Generation of Chromatic Scale in the Chinese Bronze Set-Bells of the 5th Century. in *Science and Technology in Chinese Civilization* 《中华科技史文集》（Singapore，World Scientific，1987），155—197 页.

[9] Joseph Needham. *Science and Civilization in China*. Vo1. 2.（Cambridge University Press. 1956. 9.

[10] 自清末民初以来，这种看法屡屡出现，70 年代在这方面的文献最多，如张世杰《孔孟之道是科技事业发展的绊脚石》，《物理》1974 年第 3 卷第 5 期，201—263 页；柳树滋《孔丘和他的徒子徒孙阻碍了我国科学技术的发展》，《科学实验》1974 年第 9 期，1—2 页；廖宅仁《孔孟之道对我国自然科学发展的反动作用》，《武汉师院》1974 年第 2 期，39—45 页；刘再复等《鲁迅论孔孟之道是科学的死敌》，《中国科学》1975 年第 2 期，117—125 页.

〔原刊《中国图书文史论集》（钱存训先生八十生日纪念），北京，现代出版社，台北，正中书局，1992〕

朱 文 鑫

天文学史家朱文鑫,字槼亭,号贡三。1883年10月9日生于江苏昆山;1939年5月15日卒于江苏苏州。

朱文鑫的父亲朱剑昉出身于书香门第,擅长数学。朱文鑫少年时在江苏吴县读书,博习经史,既勤奋好学,又善于思考,参加过县、府、道的科举考试,录为秀才,又中"五贡"之一的副贡。后入在清末被称为"新学"的江苏高等学堂。1905年以优异成绩毕业后,任苏州师范传习所教员和苏州女学校长。1907年他赴美求学。1910年在威斯康辛大学获理学士学位,其后又在该校任助教一年。在留美期间,他曾担任中国留美学生会会长,著有《中国教育史》和《潘巴斯切圆奇题解》两书,并对18世纪法国天文学家C. 梅西耶(Messier)所发表的103个星团和星云的位置进行了重测。回国后,先以《梅氏表之覆测》(1930)为名由江苏省土地局印刷出版,后更名为《星团星云实测录》(1934)由商务印书馆再版。

辛亥革命胜利后,朱文鑫回国,曾在长沙高等工业学校任教半年。之后,到上海担任南洋路矿学校校长(1913—1924),东华大学校长(1924—1927),同时在南洋大学(今上海交通大学)和复旦大学兼任教授,并曾被选为全国欧美同学会总干事。他在这一时期的著作都是数学方面的工具书,如《图解代数》,《微分方程式》(英文)和《算式集要》(英文)等。

1927年国民政府定都南京以后,朱文鑫进入政界,曾任江苏省政府秘书兼第一科科长、江苏省土地局局长等职。同时竭尽全力研究中国天文学史,取得很大的成就。他在1928年中国天文学会第六届年会至1933年第十届年会上当选为秘书,并兼任第八届年会天文学名词编译委员,在第十届年会上被选为评议员,1939年当选为天文委员会委员。

朱文鑫的主要贡献是利用现代天文知识对中国古代天文学所作的研究。在这方面的著作约有15种,其中重要的有《〈史记·天官书〉恒星图考》(1927),《天文考古录》(1933),《历代日食考》(1934),《历法通志》(1934),《天文学小史》(1935),《近世宇宙论》(1937)和《十七史天文诸志之研究》(1965)。

(1)《天官书》为《史记》130篇之一,系汉代太史令司马迁所撰,是最早系统地描述全天星官(相当于星座)的著作,所记星官共91个,约500多颗恒星。历史上自裴骃、司马贞、张守节等注解开始,后人对这篇文章做过不少阐发,但不尚实测,徒取星经、谶纬之语,益以晋、隋诸志,牵强附会,越弄越乱。朱文鑫则亲自观测,参考中文图书49种和外文图书21种,予以条理,并绘出星图,使后学者以图对书,容易理解。为此,中国天文学会评议员会议(理事会)吸收他为中国天文学会永久会员。

要理解朱文鑫工作的意义,我们可用对《史记·天官书》开头两句话的解释为例来说明。这两句话是:"中宫天极星,其一明者,太一常居也。旁三星三公,或曰子属。"司马贞引《文耀钩》解释道:"中宫大帝,其精北极星,含元出气,流精生一也。"张守节《正义》说:"太一,天帝之别名也。刘伯庄云:'太一,天神之最尊贵者也。'三公三星在北斗杓东,又三公三星在北斗魁西,并为太尉、司徒、司空之象,主变出阴阳,主佐机务。"读了这些注解,你能得到什么天文知识呢?

朱文鑫则单刀直入，首先指出："天极星者，近北极之星也。极星古今不同，今以勾陈大星（小熊座 α 星）为极星，司马迁以帝星（小熊座 β 星）为极星。帝为二等星，其近旁无二等以上之星，故曰'其一明者'。'太一常居者'，言北极一星，常居于位，若不觉其动也。"接着又指出："《正义》曰'三公三星在北斗杓东，又三公三星在北斗魁西'，张氏乃混指紫微垣之三公与太微垣之三公，漫无抉择，非也。紫微垣之三公去极约 45°，太微垣之三公去极更远，约 80°，皆不在天极星之旁。惟帝左右有太子、庶子、后三星，史公以其近在帝旁，故谓之子属，又谓之三公。"这不就清清楚楚弄明白了它（小熊座 γ，5，4）在今星图上的位置吗？欲知怎样整理古代科学书籍，这就是一个很好的榜样。

（2）《天文考古录》包括 15 篇文章，其中《历代日食统计》和《中国史之哈雷彗》于 1934 年曾分别以英文发表于美国《大众天文学》（Popular Astronomy）42 卷 3 期和 4 期上。前者可以说是《历代日食考》的概要，后者收集了自秦始皇七年（前 240）到宣统二年（1910）中国历史文献上的 29 次哈雷彗星纪录。《中西天文史年表》分中国和西洋两部分。中国起于春秋，按朝代分段，西洋从 16 世纪开始，每 50 年为一段。每一段中先列天文学家，再列大事，再列仪器，最后是概论。篇幅不长，但翻阅以后，可知中西天文史之大概。此外，还有《中国历法源流》、《中国日斑（即黑子）史》、《〈汉书·天文志〉客星考》、《轩辕流星雨史略》、《江苏陨石小史》等篇。

（3）《历代日食考》是 1927 年春天在袁观澜的推动下开始收集资料至 1930 年完成的，不料交商务印书馆付印时，发生 1932 年的"一·二八"事变，全部稿件毁于日本帝国主义的炮火中。朱文鑫重整家中残稿，历时两年，始得于 1934 年出版。全书除绪论和结论外，共 12 章。第一章《古代日食考》，讨论闻名世界而又有争议的《书经》和《诗经》中所记载的两次日食。以下 11 章按春秋、战国及秦、两汉、魏晋、南北朝和隋、唐、五代、宋、元、明、清等朝代来研究。到乾隆六十年（1795）为止，从正史中共收集到 920 次日食纪录，然后分段列表，第一项是史书上的日食；第二项是相应的公元年月日；第三项是儒略纪日；第四项是东经 120°北京地方平时的合朔时刻；第五项是日食种类，分全食、环食、全环食、偏食四种，根据 T. R. von 奥波尔子（Oppolzer）的《日月食典》（Cannon der Finsternisse，1887）列出；第六项为所经地带，亦取自《日月食典》；第七项为备考，史书所记日食现象的原文照录于此，原文有误者，一一考订校正，限于篇幅，表内登载不下的，作为注释，列于表后。

经过这样整理，得偏食 172 次，全食 336 次，环食 345 次，全环食 60 次，无食者 7 次。但在《日月食典》中有 8 000 次日食，平均每百年约有日食 237.5 次，其中偏食最多，占 83.8 次；环食次之，占 77.3 次；全食又次之，占 65.9 次；全环食最少，占 10.5 次。朱文鑫认为这一差异是由于史书中失载者以偏食为多，因偏食所见之地域有限，而食分较少时，古人或不注意或不重视，故失载较多。

（4）《历法通志》与《历代日食考》有同样性质。全书共分 24 章，先举《历法总目》（第 1 章）以为纲；次叙《沿革》（第 2 章）以明变迁；继志《年表》（第 3 章）表明行用年代；复列各《表》（第 4—6 章）以较各个历法中天文数据（如回归年、近点月）之疏密；后述《志略》（第 7—17 章）以论述各历之得失；末附 7 篇短论（第 18—24 章）讨论各历中有共同性的一些问题，如《历代仪象考》、《二十八宿距度考》、《阴阳五行辨惑》等。这是朱文鑫最得意的一本著作，也是影响最大的一本书，直到 1944 年日本薮内清的《隋唐历法史研究》出版以前，无出其右者，就是今天，也是一本很有价值的参考书。

（5）在二十四史中有天文律历志者凡十七史，《十七史天文诸志之研究》就是对这些"志"作扼要介绍，但不限于此。书的下半部分包括 16 篇短文，有的论题已在二十四史范围之外，《苏

钰哲先生大鉴：日前返舍获读
惠书，敬悉
箸祺懋迁，无任钦迟。承
委撰明清中国天文史类之著述，敢不遵
命。奈携事纷纭，学殖荒落，且又懒于握笔，遂无所得。俟
到京后，面聆
教益，俾有遵循，勉为追随。是之间于利玛窦氏之参考
时人传所载亦不详，其他亦见几个之纪载，其散见于徐光启
李之藻所译天算书之序文中，得见利氏行言之片段。熊
三拔所撰简平仪说有徐光启序，内有涉及利氏言论处。弟

中央政治會議秘書處用箋

曾记瞿青先生有利玛窦传一篇，似载在观象丛报，多为
他书所不载，未知其何所本也。报一时无从检出，未知曾经
过目否？似可访瞿青先生将一询之。弟所见无多，不能有所
贡献，歉歉。专肃敬复，顺颂
撰安
弟朱文鑫上 二月三日

中央政治會議秘書處用箋

朱文鑫 1937年2月3日致张钰哲信

颂〈新仪象法要〉论》就是其中之一。朱文鑫在这篇文章中指出，该书“著以图，详以说，古器之规模毕具，机械之制作甚精，即后世西洋钟表之法，亦不能出其范围”。又说水运仪象台“上层浑仪之上，覆以脱摘板屋，便于移动启闭，实开后世天文台旋转屋顶之先。西洋天文台建设活动屋顶始创于普鲁士开赛天文台，时在公历 1561 年，后于苏颂将近五百年”。对于苏颂水运仪象台和《新仪象法要》的这些评价较英国李约瑟提出早约 20 年。

(6)《天文学小史》分上、下两册。英国 A. 贝利(Berry)的《天文学简史》是他写这本书的主要参考书。上册是古代部分，下册是近代部分。在古代部分之前有一篇《绪论》，其中包括作者对天文学和天文学史的看法。他认为“天文为科学之祖，文化之母。世界文化之起源，莫不与天文相表里；世界科学之发达，莫不借天文以推进”。“天文学史者，所以明人类进化之次第，天文发达之源流也”。“天文之学，原无分乎古今中外，惟有一定之律，而无国界之分，若斤斤于彼我之争者，适见度量之隘矣”。古代部分，分国叙述，中国独列一章，占其篇幅的二分之一，巴比伦、埃及、希腊、罗马、印度、阿拉伯、西亚和欧洲合为一章。近代部分从 16 世纪开始，到 20 世纪为止，每个世纪 1 章，共 5 章，占全书的一半篇幅。这是中国人写的第一本天文通史。

(7)《近世宇宙论》系译作，原著为英国 H. 麦克弗森(MacPherson)于 1928 至 1929 年间在哥拉斯哥皇家工学院所作的八次演讲汇集而成。该书从地心说、日心说、银河系结构一直讲到岛宇宙，也可以说是一本宇宙论的小史。

除已经发表的这些著作外，朱文鑫还有许多未成熟和未发表的稿子，如《中西天文学汇表》、《中国历法史》、《史志月食考》、《〈淮南子·天文训〉补注》、《织女传》、《管窥杂识》等。如能汇集这些遗著出版成书，对于我国天文学史的研究，无疑是有益的。

朱文鑫还擅长于赋诗和画山水画，遗留有《槊亭文稿》和《槊亭诗稿》。

朱文鑫对天文学，尤其对中国古代天文学的研究，在当时即赢得了海内外的景仰。1940 年日本桥川时雄编的《中国文化界人物总鉴》即为其列传，但当时编者尚不知朱文鑫已于 1939 年去世。1940 年 5 月 15 日在他逝世一周年之际，中国天文学会主办的《宇宙》杂志出专刊纪念他对中国天文学的贡献。

参考文献

[1] 朱文鑫.《史记·天官书》恒星图考. 上海：商务印书馆，1927.

[2] 朱文鑫. 天文考古录. 上海：商务印书馆，1933.

[3] 朱文鑫. 星团星云实测录. 上海：商务印书馆，1934.

[4] 朱文鑫. 历代日食考. 上海：商务印书馆，1934.

[5] 朱文鑫. 历法通志. 上海：商务印书馆，1934.

[6] 朱文鑫. 天文学小史. 上海：商务印书馆，1935.

[7] H. 麦克弗森(MacPherson). 近世宇宙论. 上海：商务印书馆，1937.

[8] 朱文鑫. 十七史天文诸志之研究. 北京：科学出版社，1965.

[9] 中国天文学会.《宇宙》. 1940(11)(纪念朱文鑫专号).

〔原刊《中国现代科学家传记》第三集，北京，科学出版社，1992〕

《陈久金集》序

中国是一个多民族的国家,但以往中国天文学史的研究多偏重在汉字文化范围内,把注意力集中于经史子集中,很少投眼于少数民族的天文历法知识。1976年以来,久金同志突破了这一局限。他与许多民族学家结合,走出书斋,不辞辛苦地跋山涉水,到云南、西藏、新疆等少数民族地区,深入到民间进行采访,到处探寻文物古迹,向喇嘛、阿訇等宗教职业者请教,与专家合作翻译有关文献,在过去15年中,调查了傣、彝等19个民族以及古代匈奴、契丹、西夏、女真等的天文历法知识,写出了许多调查报告、论文和书籍,为中国天文学史的研究开辟了一个崭新的领域,在世界新兴的民族天文学(Ethnoastronomy)这门新学科中做出了重要贡献。

久金同志还善于联想,大胆创新,由对彝族十月历的发现,进而联系《周易》、《诗经》、《管子》、《夏小正》、《山海经》等许多文化典籍来研究,对中国上古文化史上若干重大问题(如阴阳、五行、八卦、干支等)的起源提出了自己系统的全新的看法。这些看法既是创新,在学术界当然会引起争论。争论是一种好事。有不同意见的争论,学术才能进步。明末清初的天文学家王锡阐在他的《晓庵新法·序》中曾说:"以吾法为标而弹射,则吾学明矣。"不把自己的创见当做真理的终结,只当做寻求真理的尝试而请大家讨论,这种科学态度是值得我们学习的。久金同志在"前言"中所持的态度也正是如此。

"开放丛书"愿把久金同志的论文集出版,这是一件很值得庆贺的事。愿该书的出版能为我国天文学史和早期文化史的研究起到积极的推动作用。祝中青年一代学者茁壮成长,不断取得新的成果。

〔《陈久金集》,哈尔滨,黑龙江教育出版社,1993〕

科学史和历史科学

美国著名的科学史家、风行一时的《科学革命的结构》一书的作者库恩(Thomas S. Kuhn)于1971年以同样的题目曾经发表过一篇文章。他在文章的开头就写道:“尽管历史学家一般地口头上都承认,在过去400年中,科学在西方文化的发展中起了重要作用;但是对于多数历史学家来说,科学史依然是他们学科之外的领域。在许多场合,也许在大多数情况下,这种把科学史拒于门外的做法,看不出明显的害处,因为科学的发展对于西方近代史的许多主要问题似乎没有多大关系。但是一个历史学家,如果要深入考察历史发展的社会经济背景,或者要讨论价值观念、人生态度和思想意识变迁的话,那他就必须涉及科学史。”[1]

接着,他又举例说,他在两个大学历史系开设科学史课程,历史系来选课的人反而很少,说明这种分离现象的严重性。他从1956年起开课,在14年中只有5个历史系的学生听课。在听课的学生中,来自历史系的只占1/20,大部分学生是理、工学院的,其余的是哲学系和社会科学系的,甚至从文学系来的都比历史系来的多。起初,他以为这种情况可能只由于他本人是学物理的,没有受过历史科学的训练,教得不好而造成的。后来打听到,受过历史科学训练的人开设科学史课程,也同样不受历史系学生的欢迎。还有,开课的题目也没有关系。开“法国大革命时期的科学”或“科学革命”,也和开“近代物理学史”一样不吸引人,也许“科学”一词就把历史系的学生吓跑了。

他又做了一个调查,说美国科学史家虽然大多数归属历史系,但这种归属往往不是历史系的自愿,而是来自外界的压力。科学家和哲学家向学校当局建议增设科学史教席时,学校把这个位置放到了历史系。

一 科学史的性质

库恩所谈美国的情况,也很符合中国国情。

1990年,刘广定教授和韩复智教授在台湾大学历史系开“中国科技史”课,听课的26人中,有6个来自历史系,只占1/5多一点。我在1954年决定由天文学专业转行搞科学史时,征求两位历史学家的意见,他们都反对。后来我到了历史研究所以后,该所许多同事都感到惊讶,常问“你们这些学自然科学的人,为什么跑到我们这里来了?”好像专业不对口,走错了门。对于要在历史学科内建立科学史这样一个分支,不但群众不理解,有些领导也不理解。中国科学院于1954年决定发展科学史这门学科,先成立了一个中国自然科学史研究委员会,由17位专家组成,是一个空架子,实体则是在历史研究所内成立科学史组,招收专职的专业人员,我是最早到这个组工作的成员之一。这个组从一开始,就被历史所的许多人认为是他们代管的机构,而不是他们的本体。到了1957年,这个组终于脱离历史所而成为独立的中国自然科学研究室,但仍属哲学社会科学部领导。哲学社会科学部的领导人又认为自然科学史属自然科学,不应归他们管辖,一直到1966年“文代大革命”开始之前,他们始终想把这个研究室推出来。

1977年哲学社会科学部独立为中国社会科学院，自然科学史所划回中国科学院。至此，在大陆正式把科学史归属在自然科学范围内。

但是，我认为，一门学科在行政管理上归哪个部门和它在性质上属于什么，这两者可以一致，也可以不一致，只要对学科发展有利就行。

关于这个问题，考古学家夏鼐于1983年12月在第二届国际中国科学史讨论会上致开幕词时说过一段话，可以参考。他说："在这个会上，我不必讨论什么是科技史，大家都知道，科学技术史便是自然科学和应用科学的历史。我只谈谈科技史到底是一门自然科学还是一门历史科学。……李约瑟教授年轻时是生物化学家，曾被推选为英国皇家学会会员，中年时改搞中国科技史，后来被推选为英国学术院院士。英国从前最高学术机构是皇家学会，到了1902年社会科学和人文科学才由皇家学会分出来，独立成英国学术院，有点像中国社会科学院由中国科学院分出来一样。现今英国的学者兼有两个最高学术机构学衔的，听说只有李约瑟教授一人。这件事表示科技史还是应该算作社会科学中的历史科学，而不是自然科学。科学史家要有专业性的自然科学的训练，但是他研究的对象不是自然现象，而是作为社会成员的人类对于自然的认识的发展过程和人类关于这方面知识的积累过程。"[2]

在这里，考古学家夏鼐是就研究对象来进行分类的。如按研究方法来分，科学史也属历史科学，它以搜集、阅读和分析文献为主，而不像自然科学那样，以观察和实验为主。科学史有时也要进行一些观察和实验，但那为的是验证和分析文献的记载，属于辅助性的。当然，历史科学和自然科学也有它的共性，即都要力求公正、客观，实事求是；伪造证据和艺术性的夸张都不允许。

二　科学史和历史科学分离的原因

科学史既然是一门历史科学，为什么许多历史学家又把它拒之门外呢？这有多种原因。

第一，研究对象不同。作为一门社会科学，历史学家首先注意的是人与人之间的关系。在阶级社会出现以后，人与人之间的关系首先表现为阶级关系。政治是阶级斗争的技术，战争是阶级斗争的最高形式。因而过去所谓的历史，实质上就是政治史和战争史，在政治上占统治地位和在战争中耀武扬威的帝王将相是历史的主角。从18世纪法国启蒙大师孟德斯鸠和伏尔泰等开始，历史才向文学、艺术、宗教、经济等领域延伸。本世纪开始，历史开始注意人民大众的作用。1921年美国哥伦比亚大学教授罗宾逊在他"西欧知识分子史"讲座的基础上，出版 *Mind in the Making* 一书，宣布他的新历史观，认为历史学应该跳出只谈战争、政治和帝王将相的范围，把文化和思想的发展包括进去。科学史就是在这种新历史观的影响下发展起来的，而它的研究对象则是一个更新的范围：人与自然的关系，人类认识自然、适应自然、利用自然和改造自然的历史。

第二，阅读书籍不同是因为研究对象不同。科学史家所需要读的一些科学著作，往往专业语言很强，大多数历史学家很难看懂。不要说属于近代科学的牛顿、欧拉、拉格朗日、麦克斯韦、玻尔兹曼、爱因斯坦和普朗克的著作，历史学家看不懂；就是中国二十四史中的《天文志》和《律历志》，许多历史学家也是望而生畏。有一次，我和一位学历史的朋友聊天，他问我看什么书，我说："看《周礼》中的《考工记》，二十四史中的《天文》、《律历》诸志，《墨子》中的《经上》、《经下》、《经说上》、《经说下》等。"他说："我懂了，你看的我不看，我看的你不看，咱们隔行如隔山。"

第三，不但科学史家所读的这些原始著作，历史学家不感兴趣，就是科学史家写的著作，也

往往是资料堆积，令人读起来乏味，像萨顿(G. Sonton)三卷五册的 *Intorduction to the History of Science*，李俨五卷本的《中算史论丛》，恐怕不是专业研究的人很少去读。还有，在科学史专业队伍没有形成以前，许多科学史的著作往往是高等学校教学的副产品。一些教自然科学的教师，为了吸引学生对本门科学的兴趣，在讲课时引述本门学科发展的一些历史材料，然后把它整理成一本书。这样形成的科学史著作，主要是谈本门学科的逻辑发展，专业性很强，不研究本门学科的学者很少有人去读。

第四，出身不同。一个人对某一方面的兴趣和才能是先天就有，还是后天环境培养形成，这个问题我们暂且不管。但现在的文、理两科，有的学校在高中就开始分家，无疑是造成斯诺所谓"两种文化"(传统的文学文化和新兴的科学文化)[3]相互分离的原因之一。进历史系的学生，在进历史系之前，就认为他们学的是文科，对自然科学不再注意；而进入科学史专业的人，在大学绝大部分读的是自然科学，只是到了研究生阶段才读科学史，他们往往认为自己学的是科学史，不是历史，天文学史与天文学、物理学史与物理学，比与历史学有更多的共同语言。

三　科学史的纵深发展

以上是就科学史和历史科学的分离情况和分离原因进行的一般分析。但是任何情况都会有例外。中国是有悠久历史学传统的国家，而中国从司马迁写《史记》开始，就把"天文"、"律历"等这些属于自然科学的内容当做它的组成部分。在这一优良传统的影响下，老一辈的一些历史学家就很注意自然科学史，例如董作宾的《殷历谱》，夏鼐的《考古学和科技史》，都是很有影响的著作。钱宝琮的《中国算学史》(上册)是由中央研究院历史语言研究所出版的。王振铎关于中国磁学史的研究，也是史语所在四川李庄时期进行的。解放后，侯外庐先生在历史所一再呼吁，历史学家必须注意自然科学的发展，科学史必须成为一门学科。

在世界范围内，从 20 世纪 30 年代开始，科学史出现了一个新的研究方向，即所谓外史(External history)或外部研究(External approach)。传统的科学史，即所谓内史(Internal history)或内部研究(Internal approach)，是把科学当做一种知识，研究它的积累过程，特别是正确知识(Positive Knowledge)取代错误和迷信的过程，很少注意它和外部社会现象的联系。例如，研究牛顿万有引力定律的产生，只注意它和伽利略的惯性定律，以及开普勒行星运动定律之间的继承关系。外史则把科学家的活动当做一种社会事业，研究它的发展和其他社会现象(如政治、经济、宗教、文化等)之间的相互关系。这方面最早的一篇文章发表于 1931 年。这一年国际科学史联合会在伦敦召开第二次大会(第一次于 1929 年，在巴黎)，苏联科学家赫森(B. Hessen)在会上提出的论文是：《牛顿〈原理〉的社会经济基础》[4]。他认为，牛顿力学定律的产生是英国当时战争、贸易、运输等方面的需要所推动的结果。这篇文章轰动一时，尽管对他文章的内容有所争论，但沿着这个方向做工作的人剧增，1936 年在英国就有《科学与社会》(*Science and Society*)杂志开始发行。到 30 年代末，有两本重要著作出版：一是英国贝尔纳(John D. Bernal)的《科学的社会功能》(*The Social Function of Science*)(1939)；一是美国默顿(*Robert K. Merton*)的《17 世纪英国的科学、技术和社会》(*Science, Technology and Society in Seventeeth Century England*)(1938)。其后，随着科学技术的突飞猛进，科学在社会生活中占的地位越来越重要，科学史的研究也越来越趋向外史。而今，在美国，研究外史的人已经多于研究内史的人。在中国，近 10 年来由自然辩证法专业转到科学史方面来的人多偏重于外史，北京《自

然辩证法通讯》所刊科学史文章也以外史为主,台湾清华大学历史研究所的科学史研究也以外史为主。内史和外史的相互配合,共同发展,将会把科学史的研究推到更高的一个层次,同时还会对科学哲学、科学社会学、科学学等产生深远的影响。

四　科学史和历史科学的互补关系

在这里需要特别提出的是,科学史的外史趋向有利于科学史和历史科学的结合。首先,外史的研究不需要太多的学科专门知识,这有利于历史学科出身的人参加。其次,研究科学发展的政治、经济、文化、社会背景,科学史家必须依靠历史学家的合作。自然科学要和社会科学建立联盟,研究科学史是一个渠道。要消除斯诺所说两种文化之间的隔阂,学习科学史是一种办法。

科学史研究需要历史学家们的合作,这是很显然的。中国科学院自然科学史委员会成立之初,就包括了侯外庐、向达等几位历史学家,这个人事上的安排即是明证。但是,另一方面,历史学家也有赖于科学史的工作。

第一,能够制造工具,是人区别于动物的重要标志。生产工具的进步是历史发展的重要标志,所谓旧石器时代、新石器时代、青铜时代、铁器时代、蒸汽机时代等,就是按生产工具来分的;而生产工具的制造则有赖于科学技术的进步。因此,深入研究科学、技术和生产这三者之间的相互关系,对于全面地了解社会发展史是非常必要的。这三者之间的关系非常复杂,在不同的时代、不同的国家或地区都有所不同,只有历史学家和科学史家合作,具体情况具体分析,才能给出比较接近实际的答案。

第二,科学不仅作为一种物质文明影响着生产力的发展,它还作为一种精神文明影响着人们思想意识的发展。哥白尼的日心地动说,达尔文的进化论,作为一个历史学家如果对这些自然科学理论视而不见,听而不闻,那他很难对历史做出公正而全面的论述。因此,历史学家不但要从生产力的角度,还要从意识形态的角度注视科学史的研究成果。

第三,考古学的新发现,可以丰富科学史研究的新内容,这是大家有目共睹的。李约瑟在他的巨著《中国科学技术史》(又名《中国的科学与文明》)第一卷第一章《序言》中说,研究中国科学技术史必须具备6个条件:(1)必须有一定的科学素养;(2)必须很熟悉欧学史;(3)必须对欧洲科学发展的社会背景和经济背景有所了解;(4)必须亲身体验过中国人民的生活;(5)必须懂中文;(6)必须获得中国科学家和学者们的广泛支持。接着,他带着当仁不让的口气说:"所有这些难得的综合条件,恰巧我都具备了。"他确实都具备了,竺可桢先生一次送他的礼物《古今图书集成》,就是一万卷。但是,光读万卷书还是不够的,这30多年来,他每次来中国都要到考古研究所,到许多省市去看考古新发现,所以后来有一次他对夏鼐说,应该补充第7个条件:必须对中国考古学有所了解。夏鼐在他的论文集《考古学和科技史》的后记中说:第一篇考古学和科技史可算是全书的"代序"。这篇内容,在表面上是介绍自1966年以来我国有关科技史的考古新发现,实际上是想说明考古资料对于科技研究工作的重要性,同时也是告诉考古工作的同行们,应该设法取得科技工作者的协助,以解决考古学上的问题,有些同时也是科技史上的问题[5]。关于湖南长沙马王堆汉墓出土文物和湖北随县曾侯乙墓出土文物等的综合研究,都是考古学家和科学史家合作的重要成果。河南省考古工作者带头筹备成立省科学技术史学会不是偶然的。

第四,按照传统的说法,历史学家要掌握四项基本知识:职官、年代、版本、目录。其中年代

学即和天文学发生密切关系，尤其上古史的研究，更是离不开天文学方法。前巴比伦王朝开始于何时，库格勒(1862—1929)根据泥砖上一段关于金星的记录，断定前巴比伦王朝开始于公元前2225年，汉谟拉比在位时间是公元前2123年至前2081年之间，但最近的研究，有人认为库格勒的计算可能是错误的，整个时代要晚约400年：前巴比伦王朝在公元前1894年至前1595年之间，汉谟拉比在位时间是公元前1792至前1750年之间，这样一来，也就和中国的夏朝相当了。

中国的《尚书·胤征》篇有"乃季秋月朔，辰弗集于房"的记载，一般史学家认为这是发生在夏朝仲康时期的一次日食，但具体是何年，历来有争论，最近美国彭瓞钧考虑到地球自转的不均匀性，利用电子计算机算出这次日食发生在公元前1876年10月16日，当时的地球自转周期比现在短60‰秒。武王伐纣发生在哪一年，也是一个悬而未决的问题，有人说发生在公元前1122年，有人说发生在公元前1027年，上下相差达95年。1978年，张钰哲把《淮南子·兵略训》中武王伐纣时有彗星出现的一段话，当做是哈雷彗星出现的记载，从而由哈雷彗星的轨道元素回推得武王伐纣为公元前1057年。但是，这个记载的可靠性是个问题，从武王伐纣到编写《淮南子》已过了八九百年，就算这段记载是可靠的，也不一定指的是哈雷彗星，因为还有其他周期彗星或非周期彗星也相当亮。最近黄一农有一篇重要文章《中国古史中的"五星聚舍"天象》，对近几年来美国班克奈(D. W. Pankenier)等人利用天象纪录对武王伐纣、夏桀以至夏禹等年代所作的断定进行质疑，历史学家们应该关心这方面的进展。

五　简短的结论

由以上的讨论可以看出，科学史是一门历史科学，但是是一门具有特殊研究对象的历史科学。它的研究者除了要接受历史学的训练外，还必须有自然科学的素养。它的内容基本上可以分为两大方面：(1)研究科学发展本身的逻辑规律；(2)研究科学发展和各种社会现象(政治、经济、宗教和文化等)之间的互动关系。这些研究对进行科学研究、制定科技政策、搞好科技管理、进行科学教育都有参考价值；对在更深的层次上认识人类社会的历史也是必要的。因此我们希望历史学家热情帮助科学史家，和科学史家密切合作，努力发展这一学科。当然，对于中国科学史来说，我们还有一个继承遗产和总结经验的问题，更应该受到重视。

参考文献

[1] Thomas S. Kuhn. *The Essential Tension*(《必要的张力》). The University of Chicago Press, 1977. 128(户译本，福建人民出版社，1981.)

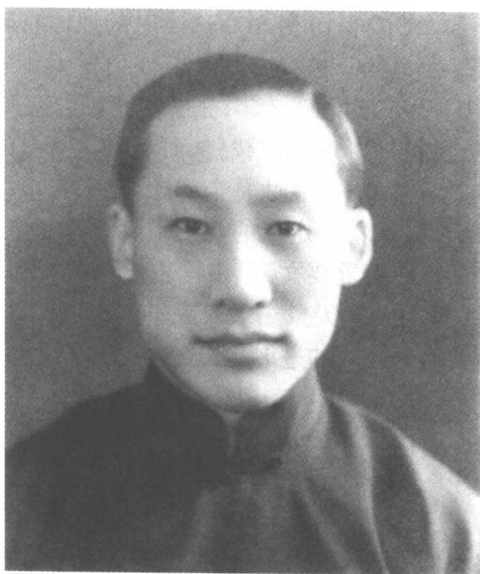
[2] 何丙郁. 我与李约瑟. 三联书店香港分店，1985. 145—146

[3] Chales P. Snow. *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge University Press. 1959.

[4] 此文见 N. I. Bukharin et al science at the Cross Roads. 1st edition. Lon don, 1931. 147—212; 1971, 2nd edition(1971) with a new Foreward by Joseph Needham and a new Introduction by P. G. Werskey.

[5] 夏鼐. 考古学和科技史. 北京：科学出版社，1979.

〔原刊冯玉钦、张家治主编：《中国科学技术史学术讨论会(太原·1991)论文集》，北京，科技文献出版社，1993〕

叶企孙先生的科学史思想

叶企孙(1898—1977)

叶企孙先生在物理学上的成就和对我国教育事业的贡献已是人所共知,有口皆碑,用不着我说。我这里只补充一点:1957年夏天吴有训副院长在他的办公室里对我谈话时说:"我们不仅应该向叶先生学习他那渊博的知识,还应该学习他的人品。他与清华有着血肉关系,每当重要关头,他都挺身而出。清华能办成一流大学,人才辈出,叶老起了重要作用,但他从不居功,往往是功成身退,总是以一个普通教员自居。"我和叶老从1954年秋天认识,一直到1966年6月"文化大革命"开始,这12年中间每星期至少有两次碰头,每次见面除讨论业务外,更多的是谈如何发展科学史这门学科。

1954年中国科学院成立中国自然科学史研究委员会,并在历史二所(即现今中国社会科学院历史研究所)内设立科学史组,为建立独立的专业科学史机构做准备。委员会主任为竺可桢副院长,大政方针由他定;具体工作都由副主任叶先生负责;另一位副主任为历史学家侯外庐,管事很少。叶先生勤勤恳恳,风雨无阻,每星期要乘公共汽车从西郊到东城来办公两天。历史所为叶老配备了一位女秘书,这位女秘书自命为《韩非子》专家,年纪也大了,自己不愿干,叶老也不愿用(叶老因为终身没有结婚,一直不用女秘书),实际上不起作用,后来不久就调开了。这个组还有当年毕业新分配来的两位历史系毕业生,因为刚来,也插不上手。在这种情况下我就成了惟一能和叶老搭上话的人,面对面办公,经常一起吃饭,无话不谈。

首先,在建立一个什么样的机构的问题上,叶老认为机构不宜大,人员要精干。他常说:"坐一大堆人,打毛衣的,扯闲话的,干不了事,没有什么意思。"中国自然科学史研究室(1975年才扩建为所)在筹备阶段时,有一位很有名的学者想来,但此人治学不够严谨,叶老就拒绝了。有一位从日本回来的学者想来担任翻译工作,叶老坚持要考试一番。经过两年多筹备,到1957年1月研究室正式挂牌时,总共才有8个人,现在看来队伍确实是精干的。在任命研究室主任问题上,叶老力主由上海调一位40多岁的中年人来承担,后因此人未争取到,才建议由年过六十的数学史专家李俨先生担任。

如何研究科学史?他认为,把一个科学家做出成就,说成是不自觉地运用了唯物论和辩证法;把同一个科学家的失败又说成是受了唯心论和形而上学世界观的影响,这种简单的划分不

解决任何问题，等于没有研究。科学史是一门科学，人类认识物质世界的过程，受着生产水平、实验条件等多种因素的限制，必须具体事物具体分析。要说明唯心论和形而上学完全是阻碍科学的发展，恐怕得先读一读桑代克(T. Thorndike)6 卷本的《巫术和实验科学的历史》(*A History of Magic and Experimental Science*)，将其中所举例子一一驳倒，然后才能下结论。

叶老主张，研究科学史知识面要广。他很赞赏乔治·萨顿(G·Sarton，1884—1956)。此人学过化学和结晶学，受过数学和物理学的严格训练，掌握了包括阿拉伯语和汉语在内的 14 种语言。他为研究列奥纳多·达·芬奇(1452—1519)以前的科学史所收集的背景材料，写成了一部书，取名为《科学史导论》(*Introduction to The History of Science*)，共有三卷五册，其中包括不少中国科学成就。他在《研究科学史的四条基本思想》一文中，又把要注意东方思想的巨大价值列为第三条，认为"直到 14 世纪末，东方人和西方人是在企图解决同样性质的问题时共同工作的。从 16 世纪开始，他们走上不同的道路。分歧的基本原因(虽然不是惟一的原因)，是西方科学家领悟了实验的方法并加以应用，而东方的科学家却未能领悟它。"① 对于这样一位杰出的公正的科学家，我们却要把他当做资产阶级代表人物，并说西方资产阶级学者肆意贬低中国古代科学成就，叶老觉得这种做法只能是无知和偏见。

与此同时，叶老又对国内报刊上出现的大吹中国第一和首创的作法不满。他认为古人由直观感觉和猜测得到的一些东西，有些虽与现代科学的发现有吻合之处，但二者不能等同，不能一下子就说我们早了多少年，因为古人在说到正确的同时，也说到了许多错误的东西，哪些是正确的，哪些是错误的，恐怕他们自己也不知道。而且，这种原始的东西，如果在外国书中去找，也不一定没有。因此"世界第一"不能随便说，必须把中国科学史放在世界范围内仔细研究才行。

1956 年 3 月李约瑟和王铃、普拉斯在英国《自然》杂志上发表了一篇《中国天文钟》，② 其后又将它扩大成为一本专著，轰动一时。此文提出了一个重要论点：近代钟表的关键部件(卡子)起源于宋代苏颂于元祐七年(1092)制成的水运仪象台中的锚状擒纵器。此文发表以后，我国研究机械史的一位专家立即说他在文章中也注意到过苏颂的贡献。叶老看了他的文章以后说，这是眉毛胡子一把抓，并没有把它的重要意义说出来，李约瑟之所以能抓住要害，是因为他有熟悉西方钟表史的专家普拉斯合作，因此更加强了他搞中国科学史必须了解外国的观点。1966 年春天，他在自然科学史研究室开讲世界天文学史也是从这一观点出发的，可惜只讲了埃及、巴比伦和阿拉伯部分，"文化大革命"就爆发了。"文革"后期，他从狱中出来以后，又在家中给个别人讲过近代物理学史。

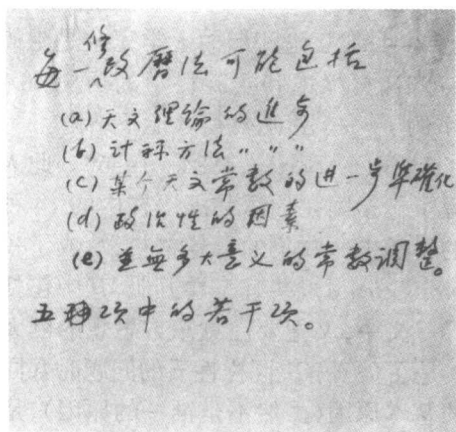
叶老认为，一个研究单位要把工作重点放在提高上。1955 年冬，我要到紫金山天文台参加一个学术会议，拿通知给他看。他看见日程上多为学习和介绍苏联天体演化学，很不以为然。他说"这种不结合自己的实际工作，漫无边际地学习别人，流于空谈，没有意思。紫台应该结合自己的条件，多做些观测和研究才是最重要的"。我到南京后把叶老的意见传达给他们，台领导都认为很对，其后他们在工作中也确有贯彻。对于科学史的工作，他认为不能只是抄抄写写，罗列一大堆资料而没有自己的见解；也不能人云亦云，错了也不负责。写文章要经得起时间的考验，一篇文章 30 年以后还站得住，才算过得硬。任何时代都会写出很多东西，但能作为珍品留传下来的只是极少数。叶老确实是严格要求，我每写好一篇文章请他看时，他先要问

---

① 中译见 G. 萨顿《科学的历史研究》(刘兵等译)1—9 页，北京，科学出版社，1990 年。

② 此文中译见《科学通报》1956 年 6 月号，100—101 页。

是科普文章，还是学术论文。科普文章一概不负责修改，并且劝我少写。他认为天文界搞的科普太多。若是学术文章，则要逐字逐句斟酌，往往连其中数字都重新算过。他对数字非常注意，有时告诉我，他从报上看的一些数字消息，我去查时并不能直接得到，发现是经过他推算后得到的。

每一修改历法可能包括
(a) 天文理论的进步
(b) 计算方法 〃 〃
(c) 某个天文常数的进一步準確化
(d) 政治性的因素
(e) 並無多大意义的常数调整。
五种之中的若干次。

关于中国古代历法改革

（叶企孙手迹，写在席泽宗的笔记本上）

1958年叶老主编《中国天文学史》，是个集体班子，每人负责一章。他写第一章，提出促进天文学发展的因素有五个，除了生产以外，还有好奇心、星占等，这在今天看来不失为全面地看问题，但在当时却不能出版。从1959年起，这部书稿随着政治风云的不断变化而修改，叶老也失去了兴趣，连他的原稿也丢了。此书直到1981年才以"中国天文学史整理研究小组"的名义由科学出版社出版，最后一稿是由薄树人同志执笔修订的，和1958年原来的面目有很大的不同。

叶先生是物理学家，但他的科学史活动却偏重于天文学史，这有客观原因。首先，叶先生和中国天文界有密切关系，曾长期担任中国天文学会理事和常务理事；作为中国科学院数理化学部常务委员，又分工主管过天文工作。其次，中国有丰富的天文学遗产，但物理学在古代未形成一个独立的知识部门，按照叶老的看法，中国古代物理只有四本书：《墨经》、《考工记》、《梦溪笔谈》和《镜镜诊痴》。他对这四本书都很感兴趣，曾于1961年在科学史室讲过《墨经》和《考工记》，并于1963年拟招一名研究生。当时来报考的有十几个人，成绩都不很好。叶老不小心，出错了一道题，多数人都做不出来，只有复旦大学物理系一个学生在卷子上写了："题目少给一个条件，我无法做。"叶老看了以后，说："好！只有这个学生够条件，能独立思考，可以要！"后经人事部门审查，说此人怀疑三面红旗，不能录取，也就吹了。

叶老在科学史领域虽然只留下少数的几篇文章，但他对我国科学史事业的建立所付出的辛勤劳动，至今仍为国内外科学史界所称道。他不仅培育了一批人才，以自己的言行为后学树立了楷模，而且提供了物质条件，科学史所图书馆的外文书刊，许多都是经他亲手选订的。现在我们每天在借阅这些图书的时候，就好像见到叶老一样。他永远活在我们心中，他是我们学习的榜样。

〔原刊《物理通报》，1991年第3期；钱伟长主编：
《一代师表叶企孙》，上海科技出版社，1995〕

The Yao Dian 尧典 and the Origins of Astronomy in China*

1 Introduction

Archaeology has provided valuable information on early Chinese astronomy (Xi 1984; Chen n. d. a). Perhaps one of the best known cases is the discovery and decipherment of the shell-bone inscriptions of the Shang dynasty (c. seventeenth century B. C. to 1111 B. C.). These archaeological artifacts have provided indisputable evidence not only of the nature but also of the dating of Shang astronomy.

More recent archaeological discoveries have provided important new information on a number of unsettled questions about ancient Chinese astronomy. In particular, these discoveries have shed light on the dating of the astronomical contents of the *Yao Dian* and the determination of the origins of astronomy in Chinese civilization. This chapter investigates the significance of these new archaeological data. Section 2 presents a reevaluation of the dating of the *Yao Dian*. We then examine, in Sections 3 and 4, the onset of calendrical science and the development of the equatorial system in relation to positional astronomy. Comparisons of the work of the ancient Chinese with that of the ancient Babylonians are made for both calendrical science and equatorial astronomy.

2 The Yao Dian and the Date of Its Contents

The *Yao Dian* 尧典 (*The Canon of Yao*) is an ancient document from about the period of Emperor *Yao*. Approximately a third of the document is devoted to astronomical topics such as the determination of seasons and calendar making. The document survived because it was incorporated into the *Shang Shu* 尚书("*The Book of Documents*"). One of the important questions about the document is its date. According to traditional accounts of ancient Chinese history, Yao was the fourth emperor of the prehistoric *Wu-Di* 五帝("Five Emperor") period of about the twenty-fourth century B. C. and there is no question that this document was written after the time of *Yao*. Our interest, however, is in dating the astronomical knowledge contained in it.

According to the *Yao Dian*, during the time of *Yao* the seasons were determined by the meridian passage of four star-groups, known later as *xiu* 宿, the "equatorial compartments". The

---

* This paper was written in cooperation with Chen Cheng-yih (Joseph C. Y. Chen).

relevant passage①described the exact relationship between the four *xiu* and the vernal and autumnal equinoxes and the summer and winter solstices. Owing to the gradual westward movement of the equinoctial points along the ecliptic resulting from the change in direction of the earth's axis, the relationship between the seasons and the *xiu* described in the passage no longer holds.

Biot (1862) attempted to determine the date when the *xiu*-season relationship recorded in the *Yao Dian* could have been observed. Taking the hour of observation of culmination to be 6 p.m., Biot obtained a date of about 2400 B.C., in agreement with the traditional dating of the Yao period(ibid,:263). Other than through some uncertainties arising from the exact equatorial extension of the four *xiu*, there appeared to be no escaping Biot's conclusion. However, by taking 7 p.m. as the hour of observation of culmination, Hashimoto (1928) showed that the date could be reduced to the eighth century B.C. Although there are no valid grounds for disregarding the traditional view that transit observations by Chinese astronomers were always made at 6 p.m., Hashimoto's calculation nevertheless highlights the sensitivity of the result to the precise hour of observation.② Zhu (1944) approached the problem from a different perspective by examining the number of "*xiu*-determinatives"(stars identifying the equatorial extension of a given *xiu* – see Section 4) at different dates. His results are shown in Table 1. It is seen that the maximum number of *xiu*-determinatives occurred between 2300 B.C. and 4500 B.C., pointing again to a date earlier than 2300 B.C.

It is worthwhile recalling that by the beginning of the present century, the study of ancient Chinese history as evidenced by the *Shiji* 史记(*Historical Record*) of the first century B.C. had suffered severe setbacks. Many leading historians and sinologists had practically denied the existence of Chinese history prior to the coming of the Zhou 周 dynasty of about the eleventh century B.C. Although the discovery of the shell-bone inscriptions of the Shang dynasty and the subsequent identification of all but three of the thirty-one Shang kings' names in the inscriptions had restored much of the *Shi Ji*'s account of the Shang dynasty, some leading historians and archaeol-

---

① 日中星鸟，以殷仲春。
日永星火，以正仲夏。
宵中星虚，以殷仲秋。
日短星昴，以正仲冬。
Needham(1959:245) translates this as follows:
The day of medium length and [the culmination of] the star
Niao 鸟 [serve to] adjust the middle of spring.
The day of greatest length and [the culmination of] the star
Huo 火 [serve to] fix the middle of summer.
The night of medium length and [the culmination of] the star
Xu 虚 [serve to] adjust the middle of autumn.
The night of greatest length and [the culmination of] the star
Mao 昴 [serve to] fix the middle of winter.

② Zhao (1983) has further examined the effect due to different times of observation at different possible sites and has obtained a date between 2200 and 2000 B.C.

ogists maintained the view that there was little development on Chinese soil before the sixteenth century B.C. and that the pre-Shang account of Chinese civilization given in the *Shi Ji* was not accurate.

Table 1 *xiu*-determinatives used in the Chinese twenty-eight-*xiu* system within 10° of the celestial equator at different dates

Date	No. of *xiu*-determinatives	Names of the *xiu*-determinatives
A.D.1900	5	Shen 参, Xing 星, Jiao 角, Xu 虚, Wei 危
230 B.C.	8	Shen 参, Xing 星, Yi 翼, Zhen 轸, Kang 亢, Di 氐, Xu 虚, Wei 危
2370 B.C.	12	Bi 壁, Kui 奎, Lou 娄, Bi 毕, Xing 星, Zhang 张, Yi 翼, Zhen 轸, Fang 房, Xu 虚, Wei 危, Shi 室
3440 B.C.	12	Bi 壁, Kui 奎, Jing 井, Xing 星, Zhang 张, Yi 翼, Zhen 轸, Fang 房, Xin 心, Xu 虚, Wei 危, Shi 室
4510 B.C.	12	Bi 壁, Kui 奎, Jing 井, Liu 柳, Xing 星, Zhang 张, Yi 翼, Wei 尾, Dou 斗, Xu 虚, Wei 危, Shi 室
6650 B.C.	10	Bi 壁, Kui 奎, Yi 翼, Wei 尾, Ji 箕, Dou 斗, Niu 牛, Nü 女, Xu 虚, Wei 危
8790 B.C.	3	Kui 奎, Gui 鬼, Zhen 轸

Such a view on the antiquity of Chinese history undoubtedly affected the dating and the interpretation of the origin of the quadrantal *xiù* system, and clearly played a vital role in forming Needham's conclusion(1959:246) on the subject:

> In view of all that we now know about ancient Chinese history, it seems very unlikely that the data in our text could refer to a time earlier than about −1500[1500 B.C.] at the most generous estimate, and therefore Hashimoto's conclusion is perhaps the most attractive. But the possibility remains open that the text is indeed the remnant of a very ancient observational tradition, not Chinese at all but Babylonian.

Our knowledge of prehistoric China has undergone dramatic changes in the last few decades, with stunning new data being revealed as a result of China's relentless archaeological exploration of its own past. Highly developed Neolithic cultures dating back to 6000 B.C. have been discovered, not only along the plains of the central belt and the basins of the central plains, but also in the Yang zi 扬子 valleys in the south. At the time of Yao, there existed, for example, the Dawenkou 大汶口 and Longshan 龙山 cultures in the central and northeast plains, the Liang zhu 良渚 culture along the southeast coast, and the Qijia 齐家 culture in the west (Chen n.d.a).

Inscriptions are found on pottery artifacts dating to the fifth millennium B.C.① Of particular interest are the inscriptions found on ceremonial pottery of the Dawenkou culture (ca. 4300 to 1900 B.C.) unearthed in 1959 at Lingyang-he 陵阳河 in Ju 莒 county in Shandong 山东 Province (Shandong 1974:117, pl.94). These inscriptions, shown in Fig. 1, consist of four glyphs, one taken from each of four pieces of ceremonial pottery illustrated in Fig. 2. The Dawenkou cultural stratum from which this pottery was unearthed is C^{14}-dated to about 2500 B.C.

① For a general account of pottery inscriptions in prehistoric China, see Cheung(1983).

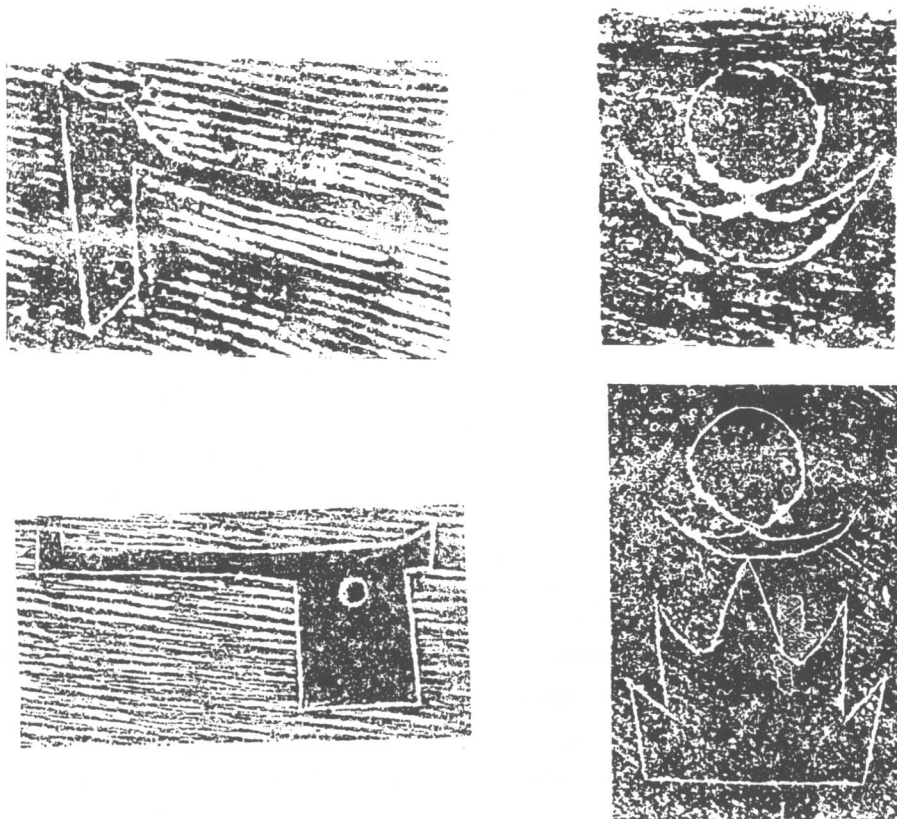



Fig. 1 Pottery inscription unearthed in 1959 from the Dawenkou cultural stratum of c . 2 5 0 0 B . C . at Lingyanghe in Ju county in Shandong Province

It is evident that the left-hand two glyphs shown in Fig. 1 are pictograms of an axe and a hoe. The other two glyphs are probably ideograms, requiring careful deciphering. Etymological studies indicate that the top-right glyph represents the rising sun; it has been identified with the character dan 旦, meaning "morning" The bottom-right glyph represents the "fire (light) of the sun" and has been identified with the character jiong 炅, meaning "seeing".① A logical supposition is that the four ceremonial pottery vessels bearing these inscriptions probably func-

① Yu (1973) identified both of the ideograms as ancient forms of the character *dan*, the upper being derived from the lower by a process of simplification. Tang (1975), on the other hand, identified them both as ancient forms of the Character *jiong*. In support of Yu's interpretation, Shao(1978) cited the *Yao Dian* description of the enactment of the welcome reverence to the rising sun. However, on the basis of the descriptions given in the *Shuowen Jiezi* 说文解字 (Analytic Dictionary of Characters) of A.D. 121, Chen (n.d.b) suggested that both ideograms developed in their own right, the upper one being an ancient form of the character *dan* and the lower one an ancient form of the character *jiong*.

tioned within the context indicated by the meaning of these incised glyphs. It is of great interest, then, to discover that this context matches that recorded in the *Yao Dian* (Shao 1978).

The discussion on astronomy in the Yao Dian begins with the following passages:

乃命羲和，钦若昊天。
历象日月星辰，敬授人时。

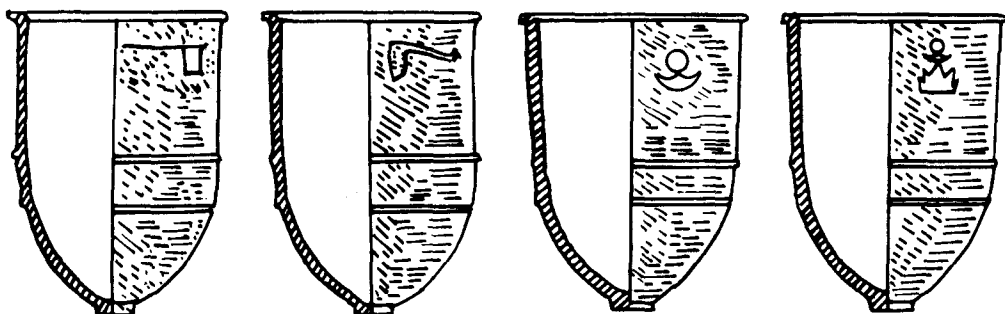



Fig. 2 Illustrations of the four-ceremonial pottery vessels within cised glyphs unearthed in 1959 from the Dawenkou cultural stratum of c. 2500 B.C. at Lingyanghe in Ju county in Shangdong Province

> [Yao 尧] commanded Xi 羲 and He 和 to pay reverence to the grand celestial heavens, to delineate the regularities of the sun, moon, stars and constellations and to relate respectfully to people the seasons for observance.

The text then continues with discussions of duties and functions of astronomy officials sent to different locations in the four directions. The following passage deals with the astronomy official sent to the east:

分命羲仲，宅嵎夷，曰旸谷。
寅宾出日，平秩东作。

> [Yao 尧] separately ordered Xi-Zhong 羲仲 to reside at the mountain side in Yang-Gu 旸谷 by the Yi 夷 tribe. There he was to enact the welcome reverence to the rising sun and to regulate the work of the east.

From these passages, we see that the description of the duties and functions of the Yao astronomy official sent to the east matches the possible functions of the ceremonial vessels as indicated by the meanings of the inscriptions found on them. Thus, the two pieces of pottery with ideograms of the rising sun and the light of the sun (Fig. 2, bottom) were probably the ceremonial vessels used by the Yao astronomy officials to pay welcome reverence to the rising sun, while the two pieces with pictograms of an axe and a hoe (Fig. 2, top) were probably the ceremonial vessels used to give thanks for the harvest. All of this seems to suggest that the account of official activities of the Yao astronomy officers recorded in the Yao Dian was probably based on historical facts. On the basis of this interpretation, together with the fact that these pieces of pottery are

C^{14}-dated to ca. 2500 B. C. and were unearthed in Shandong, a province in the east, Chen (1981) suggested that these inscribed ceremonial vessels constitute independent evidence supporting the dating of the astronomical knowledge contained in the *Yao Dian* based on the precession of the equinoxes.

3 The Development of Calendrical Science

3.1 The Ancient Chinese Calendar and Its Lunisolar Characteristics

The earliest extant written account of a calendar is found in the *Yao Dian*:

朞三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁。

> The *qi* 朞 (duration) of three hundred days plus six *xun* 旬 (ten-day periods) and six days,① forms a year in which the four seasons are fixed by the use of the *run yue* 闰月 (intercalated month).

It is significant that the statement specifically mentions both the seasons and the intercalated month. This implies that the ancient Chinese calendar was constructed in an attempt to keep in step with both the moon's phases and the seasons. In addition to the astronomical periods of a month (*yue* 月) and a year (*sui* 岁), the statement also mentions an artificial ten-day period, *xun* 旬, similar in many ways to the present seven-day week.

The statement records that a seasonal year had 366 days but provides no information on the length of the month. It is, therefore, difficult to deduce how intercalation of the month was implemented. On the other hand, it is reasonable to expect that at a given stage of development the length of the lunation should be determined, if not to a higher degree than, then at least to within the same degree of accuracy as, the length of a seasonal year, since the latter is much more difficult to measure than the former. By assuming that the same degree of accuracy was obtained, we obtain an upper bound of 29.6 days for the length of a lunation. The value favors the scheme of using a short month of twenty-nine days and a long month of thirty days to keep in step with the moon's phase rather than the equal-month scheme. To keep pace with the 366-day seasonal year in a short- and long-month scheme requires, mathematically, the addition of two thirty-day inter-

---

① It is worthwhile noting that the expression for 366 days is extremely archaic. Compare this expression with that for 547 days found in the shell-bone inscriptions of the thirteenth century B. C.:

三百有六旬有六日。

Three hundreds plus six tens plus six days.

五百四旬七日([illegible] 亖 [illegible] 七 □)。

Five hundreds, four tens, seven days.

Though the use of a particle between the units and the tens of a number was common in the early shell-bone inscriptions of the fourteenth century B. C., the practice was nevertheless becoming rare in the later Shang. On the other hand, the use of a porticle between the tens and the hundreds is not found at all in the shell-bone inscriptions. This seems to indicate that the expression for 366 days was probably preserved from the pre-Shang period. There is also evidence based on the work of Dong (1945) that by the time of Yin 殷 the length of a tropical year was known more accurately than to the nearest whole number of days.

calated months during every five-year period. It is doubtful, however, that the intercalation was implemented systematically at this early stage.

The earliest extant records of the calendrical use of the twenty-nine – day short month and the thirty-day long month are found in the shell-bone inscriptions (jiaguwen 甲骨文) of the Yin 殷 period (c. 1385 to 1111 B.C.) of the Shang 商 dynasty (c. seventeenth century to 1111 B.C.) unearthed at Anyang 安阳. The shell-bone inscriptions also contain evidence that the intercalated month was not always inserted at the end of the year as the thirteenth month, and that the Yin calendar occasionally contained a fourteen-month year (Dong 1930). This implies that, by the Shang period, the intercalation procedure had not yet been systematized. Intercalated months were probably inserted in an ad hoc manner. The problem might also be related to the determination of seasonal changes.

The purpose of the intercalated month is, of course, to keep the lunation in step with the seasons of the year. In order for the lunisolar intercalation to be successful, it is also necessary to determine seasonal changes accurately. According to records preserved in the *Shanhai Jing* 山海经 (*The Classic of the Mountains and Rivers*), an ancient method for the determination of seasons of the year, practiced in certain parts of China, was to keep track of the positions of sunrise and sunset between two selected mountain ranges, respectively in the east and west (Lu 1984: 27, 171 – 172; Chen 1988). No information is available to us on the accuracy achieved by this method.

By the time that the account of the intercalation method for calendar making was incorporated in the *Yao Dian*, the seasons were already determined by the meridian passages of four star-groups (see Section 2). The vernal and autumnal equinoxes were determined by the culmination of the star-groups identified by the stars *Niao* 鸟 (α Hya) and *Xu* 虚 (β Aqr). The summer and winter solstices were determined by the culmination of the star-groups identified by the stars *Huo* 火 (Antares, α Sco) and *Mao* 昴 (η Tau). The use of the meridian passage of star-groups for determining seasons was certainly a significant advance at this early stage of astronomical development.

If the intercalations were implemented systematically, then the precession of the equinoxes, even if its presence were undetected, should have presented no real difficulties for this procedure, as its effect was very small. Even as late as the Yin period of the Shang, the timing of the culminations of the determinative star-groups would only have slipped relative to the time of the seasons described in the *Yao Dian* by approximately half a month. However, the situation could easily have been aggravated if the intercalations were administered as ad hoc corrections without an overall systematic procedure for handling the accumulated shift. By the tenth century B.C., systematic sun-shadow measurements using a gnomon had become available for the accurate determination of the seasons.

No explicit statements on the length of the lunation and the tropical year were found among the shell-bone inscriptions. Dong (1945) deduced, from the information found in the inscriptions, a figure of 29.53 days for the lunation and 365.25 days for the tropical year, and suggested that the well-known Si Fen Li 四分历 ("Quarter-Remainder" calendar) was handed

down by the Shang astronomers. However, tacit assumptions were made in deducing these numbers and further evidence is needed before they can be accepted as those determined by the Shang astronomers. Based on Dong's work, it is nevertheless apparent that the Shang astronomers knew the length of a tropical year more accurately than the 366 days given in the *Yao Dian*. The shell-bone inscriptions also confirm that by the fourteenth century B.C. the Chinese calendar was a lunisolar one in which the moon's phase and seasonal changes were reconciled by expressing the twelve-month year in terms of combinations of short and long months and by the occasional use of an intercalated month. ① The Yin calendar revealed by the shell-bone inscriptions is consistent with the account of the Yao calendar given in the *Yao Dian*.

3.2 The Nature of Calendrical Science in China

At a very early stage, calendrical science in China underwent different trends of development. One such trend placed an emphasis upon incorporating into the calendar additional astronomical phenomena, such as lunar and solar eclipses and planetary motions. Another important trend was to facilitate the civil functions of the calendar by introducing counting cycles dissociated from the cycles of lunations and seasonal changes. These different developments gave rise to the multifunctional characteristics of the later Chinese calendar.

The first known artificial period introduced into the ancient Chinese calendar was the ten-day *xun* 旬, whose purpose was to subdivide the astronomical periods of a lunation and a seasonal year. Thus, a three-*xun* was approximately a lunation and a thirty-six-*xun* was approximately a tropical year. A ten-day period was a logical choice since Chinese numerals, whether in the ciphered grouping form found in the shell-bone inscriptions or in the positional counting rod form for computations, have always been decimal.

The names of the days in a *xun*,

jia 甲, *yi* 乙, *bing* 丙, *ding* 丁, *wu* 戊,
ji 己, *geng* 庚, *xin* 辛, *ren* 壬, *gui* 癸

formed a denary cyclic system known as the *gan* 干 system.

There is evidence from the shell-bone inscriptions indicating that, by the time of the Shang dynasty in the second millennium B.C., the denary day-count cycle had been incorporated into a sexagenary one. It is self-evident that the *gan-zhi* 干支 cyclic system used for the sexagenary daycount was derived from the *gan* system by combining its ten ordered characters with the twelve ordered characters

zi 子, *chou* 丑, *yin* 寅, *mao* 卯, *chen* 辰, *si* 巳,
wu 午, *wei* 未, *shen* 申, *you* 酉, *xu* 戌, *hai* 亥

of the duodenary *zhi* 支 system to give a total of sixty ordered combinations, such as *jia-zi* 甲子 *or yi-chou* 乙丑. Such combinations are among the commonest characters for the day count in the

① The practice in the West of referring to the Chinese calendar as a lunar one began soon after the coming of the Jesuits to China in the seventeenth century. This practice is now commonly accepted, even among the Chinese public. However, such a terminology most probably originated from a misunderstanding of the Chinese calendar.

shell-bone inscriptions.

Further evidence that the *gan* system was used for a denary day count before it was incorporated into the *gan-zhi* system can be found in the following examples from the shell-bone inscriptions (see, for example, Chen 1955):

己丑卜,庚雨。

Divination on the *ji-chou* 己丑 day indicates that it will rain on the *geng* 庚 day.

乙卯卜,翌丙雨。

Divination on the *yi-mao* 乙卯 day indicates that it will rain on the next *bing* 丙 day. Here we see that the *geng-yin* 庚寅 day following the *ji-chou* 己丑 day is denoted by *geng* 庚, a single *gan* character. Similarly, the *bing-chen* 丙辰 day, the next day after the *yi-mao* 乙卯 day, is denoted by *bing* 丙; again a single *gan* character. The reason that single *gan* characters are used here is that they are referring to days within the same ten-day *xun*.

The significance of the *gan-zhi* system is that it permitted an independent day count, detached from both lunations and seasonal changes. The choice of a sixty-day period was probably based on the combinations of short and long months in the Shang calendar, since a period of sixty days approximates a two-month period and is also a whole number of ten-day *xuns*. By the first century B.C., the practice of using the *gan-zhi* system for a day count was generalized to include a year count. These practices continued until modern times.

We emphasize that the *gan-zhi* day count was introduced after the scheme of intercalation had already been invented. It was introduced not to replace the day count within lunations and seasonal years but to provide a reference day count common to all regions and periods. This was an important innovation of scientific merit. Thus, the statement "the most ancient day-count in Chinese culture did not depend on the sun and moon at all" (Needham 1959:396) can be rather misleading. Day counts in lunations and seasonal years began long before the *gan-zhi* system was developed. In fact, it was the *gan-zhi* day-count system that permitted us to deduce the length of a tropical year in the spring-autumn period (771 to 477 B.C.) of the Zhou dynasty.

In the *Zuo Zhuan* 左传 (*Master Zuoqiu's Enlargement of the Spring and Autumn Annals*), there are two dated records of the winter solstices: one is on the *xin-hai* 辛亥 day in the first month of the fifth year of the reign of Xi-Gong 僖公 (that is, 655 B.C.), and the other is on the *ji-chou* 己丑 day in the second month of the twentieth year of the reign of Zhao-Gong 昭公 (that is, 522 B.C.). The number of days in the 133-year period between the two winter solstices can be deduced from the *gan-zhi* day count starting on the *xin-hai* day and finishing on the *ji-chou* day. This yields it total of 48,578 days, giving a tropical year of $365\frac{33}{133}$ days. According to the *Yao Dian* discussed earlier, efforts to keep lunations in step with seasonal changes were made by the time of Yao, and it appears from the shell-bone inscriptions that these efforts continued throughout the Shang dynasty. By the eighth century B.C. in the Zhou dynasty, the scheme of using seven intercalated months in every nineteen-year period began to develop, and this was carried out systematically by the sixth century B.C.

The ancient Chinese astronomers demanded more from their calendar than just providing periods suitable for civil life and cultural observances. They also required it to provide information on

a range of periodic astronomical phenomena. An interest in keeping track of lunar and solar eclipses began very early, as is evident from the shell-bone inscriptions. The fact that solar eclipses are only possible at *shuo* 朔 (the beginning of a lunation, or new moon) and lunar eclipses at *wang* 望(the middle of a lunation, or full moon), must have been recognized very early on. Certain rules concerning lunar eclipse periods were probably also known, since in the *Shi Jing* 诗经(*Book of Odes*) we find, following most records of a lunar eclipse, remarks that it occurred at its regular time as expected. In the *Chun Qiu* 春秋(*Spring and Autumn Annals*), records are only kept of solar eclipses. Thirty-seven solar eclipses in total are recorded there, covering a 242-year period.

Additional astronomical phenomena continued to be incorporated into Chinese calendars. This trend made them much more closely related to astronomical phenomena than is our current calendar. Thus, the history of calendar-making in Chinese civilization is not merely a record of successive attempts at reconciliation between lunations and seasonal changes, but also a record of successive reforms in the methods of eclipse prediction and the determination of planetary motions.

3.3 The Origins of Chinese Calendrical Science

Much has been written over the last century about the Babylonian influence on Chinese astronomy (for example, Edkins 1885; Oldenberg 1909; Bezold 1919). The *gan-zhi* day-count system found in the shell-bone inscriptions of the second millennium B.C. has often been cited as evidence of this, since the system is sexagenary. It is well known that the Mesopotamian numeral system was sexagesimal. There can be little doubt that the sexagesimal fractions of the Greeks and Alexandrians, as well as the division of the circle into 360°, were derived from it. However, the claim that the *gan-zhi* system was also derived from the Babylonian system is based on speculation. Needham (1959:82) has pointed out that "the number of degrees of the old Chinese circle was 365 $\frac{1}{4}$, not 360" and that "sexagesimal fractions never played any part in Chinese calculations".

In fact, the *gan-zhi* system was fundamentally different from the Babylonian sexagesimal system, not only in function but also in concept (Chen 1980). Unlike the latter, the *gan-zhi* system was not a system of cardinal numerals but an ordered cyclic system. Its elements functioned much like ordinal numerals by specifying orders in counting. In addition, the *gan-zhi* system was not derived from any numeral principle with base 60, but from two separate cyclic systems, the denary *gan* system and the duodenary *zhi* system, as mentioned earlier. These were combined in a way that may be visualized as two enmeshed cogwheels, one with twelve and the other with ten teeth, turning together day by day to produce a cycle of sixty ordered combinations.

Thus, it is apparent that the sexagenary *gan-zhi* system was derived from two known systems in accordance with a predetermined combinatorial procedure. This procedure has nothing in common with sexagesimal numeration principles. Consequently, the sexagenary *gan-zhi* system cannot be used as evidence for Babylonian influence on Chinese astronomy or calendrical science.

On the basis of the names of the months from the Old Babylonian Reign (nineteenth to sixteenth centuries B.C.) and their arrangement on Babylonian clay tablets of ca. 1100 B.C. unearthed at Assur (van der Waerden 1974: 47, 64), we learn that the vernal equinox was fixed in the first month, the month of *Nisannu*. In Babylonian civilization, the month was always taken to begin with the "new moon", the first appearance of the crescent moon after sunset. There is evidence indicating that the Old Babylonian calendar made use of an intercalated month to keep the lunations in step with the seasonal year. According to a document found in the texts of a Babylonian cuneiform tablet, Hammurabi (c. 1728—1686 B.C.) made the following order:

> Since the year is not good, the next month must be noted as a second *Ululu* [the sixth month]. Instead of delivering the tithes to Babylon on the 25th of *Tishritu* [the seventh month], have them delivered on the 25th of *Ululu* II (Kugler 1909: 253, see also Pannekoek 1961:31).

This indicates that intercalation was certainly used by the time of Hammurabi. The implementation of intercalations appears, however, to have been carried out in an ad hoc rather than a systematic manner. The short- and long-month scheme was probably used. No information has come down to us on the length of the seasonal year before the Assyrian period. To judge by the *Yao Dian* and the shell-bone inscriptions, there was no significant difference between the pace of calendar development in Babylonia and in China.

Table 2 The Babylonian "3 – 8" intercalation procedure

Period	Years with intercalation			Number of intercalations
528—521 B.C.	2U	4A	7A	3
520—513 B.C.	2U	4A	7A	3
512—505 B.C.	2U	4A	7A	3
504 B.C.	2U			

U indicates that an intercalated month was inserted in the middle of the year.
A indicates that an intercalated month was inserted at the end of the year.

On the basis of systematic investigations of available Babylonian tablets containing records on intercalated months in chronological order (Parker and Dubberstein 1956), van der Waerden (1974: 103) has shown that between 528 and 503 B.C. the intercalation procedure consisted of the insertion of three intercalated months in each eight-year period (hereinafter "the 3-8 intercalation procedure"), as shown in Table 2.

The procedure was further improved (ibid.) by the use of seven intercalated months in each nineteen-year period (hereinafter "the 7—19 intercalation procedure") at the turn of the fifth century B.C., as shown in Table 3. From this table, it is seen that by the fifth century B.C. the Babylonians had indeed mastered the 7—19 intercalation procedure by inserting an intercalated month on the third, sixth, eighth, eleventh, fourteenth, seventeenth, and nineteenth year in each nineteen-year period. According to the extant tablets of the last Babylonian period, the procedure was still in use in the first century A.D.

Table 3 The Babylonian "7 – 19" intercalation procedure

Period	Years with intercalation								Number of intercalations
500—482 B.C.	1A	3A	6A	(8A)	11A	14A	17U	19A	8
481—463 B.C.		(3A)	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
462—444 B.C.		3A	(6A)	8A	11A	14A	17A	19A	7
443—425 B.C.		3A	(6A)	8A	11A	14A	17A	19A	7
424—406 B.C.		3A	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
405—387 B.C.		3A	6A	8A	11A	(14A)	17U	19A	7

U indicates that an intercalated month was inserted in the middle of the year.
A indicates that an intercalated month was inserted at the end of the year.
( ) indicates that no record has yet been found among the tablets.

Table 4 The Chinese"7 – 19" intercalation procedure (after Chen 1978)

Period	Number of intercalations	Period	Years with intercalation							Number of intercalations
722—704 B.C.	7	589—571 B.C.	3	6	8	11	13	16	19	7
703—685 B.C.	6	570—552 B.C.	3	5	8	11	14	17	19	7
684—666 B.C.	7	551—553 B.C.	3	5	8	11	13	16	19	7
665—647 B.C.	7	532—514 B.C.	3	6	8	11	13	16	19	7
646—628 B.C.	6	513—495 B.C.	2	6	8	11	13	16	19	7
627—609 B.C.	7	494—476 B.C.	3	5	8	11	13	16	19	7
608—590 B.C	8									

Similar studies of Chinese intercalation procedures, based on the chronicle and astronomical data systematically kept in the *Chun Qiu* 春秋 (*The Spring and Autumn Annals*) between 722 B. C. and 476 B. C., were carried out by Wang (1889) and subsequently by Shinjo (1929) and Yabuuchi (1969). The results of these studies are summarized in Table 4. It is apparent that the 7 – 19 intercalation procedure was also developed in Chinese civilization and was implemented systematically by the sixth century B. C. By comparing Table 4 with Tables 2 and 3, it is also apparent that both civilizations underwent a period of uncertainty before the 7 – 19 intercalation procedure was worked out satisfactorily and implemented systematically. Even then, there were still differences in the pattern of spacing the intercalated months.

Tables 2 and 3 reveal that the changeover from the 3 – 8 intercalation procedure to the 7 – 19 one took place in the Babylonian calendar in a relatively short period between 504 B. C. and 482 B. C. During this period, the Chinese astronomers had already systematically implemented the 7 – 19 intercalation procedure for almost a century. Thus, we fail once again to see any Babylonian influence on the Chinese calendar. Indeed, if a case is to made for transmissions during this period, it is in the reverse direction. The transition from the 3 – 8 to the 7 – 19 intercalation procedure in the Babylonian calendar took place long after the appearance of the latter in the Chinese calendar; furthermore, it happened rather suddenly and was completed within a relatively short time. However, in the absence of direct evidence of transmission in either direction, we prefer to work on the premise that we are dealing with parallel developments.

4 The System of *Xiu* and Positional Astronomy

4.1 The Characteristics of Chinese Celestial Coordinates

One of the basic requirements for recording a celestial object or describing an astronomical phenomenon is a systematic method for specifying its position. For this purpose, the ancient Chinese astronomers made use of the north celestial pole and the circumpolar stars. They developed a system of twenty-eight *xiu* 宿 ("equatorial compartments"), identified by their corresponding star-groups, lying within a narrow belt of the equatorial circle. The equatorial ascension of a *xiu* was specified by a determinative star. In this system, the position of a celestial object or astronomical event was specified by the polar distance and by the difference in right ascension relative to the nearest *xiu*-determinatives. This eventually led to the development of celestial equatorial coordinates in ancient China.

A comparison of the celestial equatorial coordinates used by ancient Chinese astronomers with those used universally in modern astronomy is given in Fig. 3. In the Chinese system, the position of a celestial object such as a star is specified by the north polar distance p and the angle β from the determinative star of the nearest of the twenty-eight *xiu* (see Fig. 3a). In modern astronomy, the position is specified by the declination δ and the right ascension α (see Fig. 3b). It is apparent from the comparison that the two celestial coordinate systems both use the hour-circle and the equator as their reference circles. Evidence for such a coordinate system can be traced to the work on listing the stars by Shi Shen 石申 and Gan De 甘德 in the fourth century B.C.

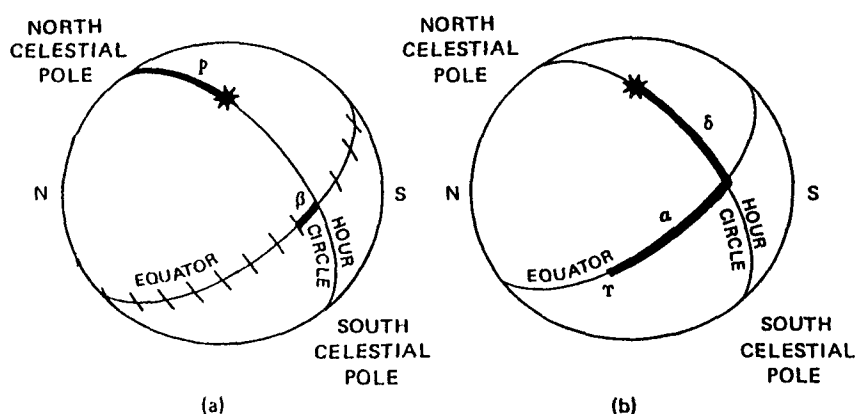



Fig. 3 Diagrams illustrating the celestial equatorial coordinate systems used in (*a*) ancient Chinese astronomy and (*b*) modern astronomy

The fact that the north polar distance is simply the complement of declination and the angle from the determinative star of the nearest *xiu* is equivalent to right ascension seems to suggest that the two celestial coordinate systems were probably related in their development. It is well known that ancient Greek as well as medieval European astronomers used the ecliptic and the circle of celestial longitude as their reference circles. Consequently, a star's position is expressed in

terms of ecliptic longitude and latitude. Needham (1959:266) has commented that "since the Renaissance, and especially since the work of Tycho Brahe, modern astronomy has made universal use of equatorial coordinates, using right ascension and declination". Thus, the equatorial system began to emerge as the major celestial coordinate system in the sixteenth century A. D.

In this section, we examine the origin and the development of the *xiu* system, a crucial component of the Chinese celestial equatorial coordinate system.

Table 5 Table of the twenty-eight xiu and their determintive stars

1		角 Jiao	α Virginis (1.2) 13 19 55 − 10°38′22″	15		奎 Kui	η Andromedae (4.2) 00 42 02 + 23°43′23″
2		亢 Kang	κ Virginis (4.3) 14 07 34 − 09°48′30″	16		娄 Lou	β Arietis (2.7) 01 49 07 + 20°19′09″
3		氐 Di	α^2 Librae (2.9) 14 45 21 − 15°37′35″	17		胃 Wei	41 Arietis (3.7) 02 44 06 + 26°50′54″
4		房 Fang	π Scorpii (3.0) 15 52 48 − 25°49′35″	18		昴 Mao	η Tauri(3.0) 03 41 32 + 23°47′45″
5		心 Xin	σ Scorpii (3.1) 16 15 07 − 25°21′10″	19		毕 Bi	ε Tauri (3.6) 04 22 47 + 18°57′31″
6		尾 Wei	μ^1 Scorpii (3.1) 16 45 06 − 37°52′33″	20		觜 Zi	λ^1 Orionis (3.4) 05 29 38 + 09°52′02″
7		箕 Ji	γ Sagittarii (3.1) 17 59 23 − 30°25′31″	21		参 Shen	ζ Orionis (1.9) 05 35 43 − 01°59′44″
8		斗 Dou	ϕ Sagittarii (3.3) 18 39 25 − 27°05′37″	22		井 Jing	μ Geminorum (3.2) 06 16 55 + 22°33′54″
9		牛 Niu	β Capricorni (3.3) 20 15 24 − 15°05′50″	23		鬼 Gui	θ Cancri (5.8) 08 25 54 + 18°25′57″
10		女 Nü	ε Aquarii (3.6) 20 42 16 − 09°51′43″	24		柳 Liu	δ Hydrae (4.2) 08 32 22 + 06°03′09″
11		虚 Xu	β Aquarii (3.1) 21 26 18 − 06°00′40″	25		星 Xing	α Hydrae (2.1) 09 22 40 − 08°13′30″
12		危 Wei	α Aquarii (3.2) 22 00 39 − 00°48′21″	26		张 Zhang	μ Hydrae (3.9) 10 21 15 − 16°19′33″
13		室 Shi	α Pegasi (2.6) 22 59 47 + 14°40′02″	27		翼 Yi	α Crateris (4.2) 10 54 54 − 17°45′59″
14		壁 Bi	γ Pegasi (2.9) 00 08 05 + 14°37′39″	28		轸 Zhen	γ Corvi (2.4) 12 10 40 − 16°59′12″

4.2 The System of Twenty-Eight *Xiu*

The fully developed system of *xiu*, as we now know it (Zhu 1944), is shown in Table 5. Listed alongside each *xiu* is the name, magnitude, right ascension α, and declination δ (epoch A. D. 1900) of its determinative star lying on the hour circle. From the table it can be seen that the *xiu*-determinative stars were not chosen on the basis of their magnitude: a number of them were of only fourth magnitude, and one (*Gui*, θ Cnc) was of sixth. Instead, they were probably chosen because of certain specific positional requirements. This probably also explains why some of the determinative stars were quite far from the equator even after taking into consideration the precession of the equinoxes.

The twenty-eight *xiu*, as we now know them, are divided into four groups, each containing seven *xiu*, corresponding once to the four cardinal directions. These four divisions, known as the *si gong* 四宫(four palaces) or *si xiang* 四象(four images), consist of the *Qing-Long* 青龙 (Blue Dragon) in the east, the *Zhu-Niao* 朱鸟(Vermilion Bird) in the south, the *Bai-Hu* 白虎 (White Tiger) in the west, and the *Xuan-Wu* 玄武(Black Snake-Tortoise) in the north. About 1200 B.C., just after sunset around the spring equinox, the celestial configuration of the divisions would be such that the seven *xiu* of the *Zhu-Niao* would appear in the center of the southern sky, the seven *xiu* of the *Qing-Long* would appear near the horizon in the east, the seven *xiu* of the *Bai-Hu* would appear near the horizon in the west, and the remaining seven *xiu* of the *Xuan-Wu* would be invisible below the horizon. Thus, such a division is consistent with a quadrantal division that takes the horizon as a reference circle.

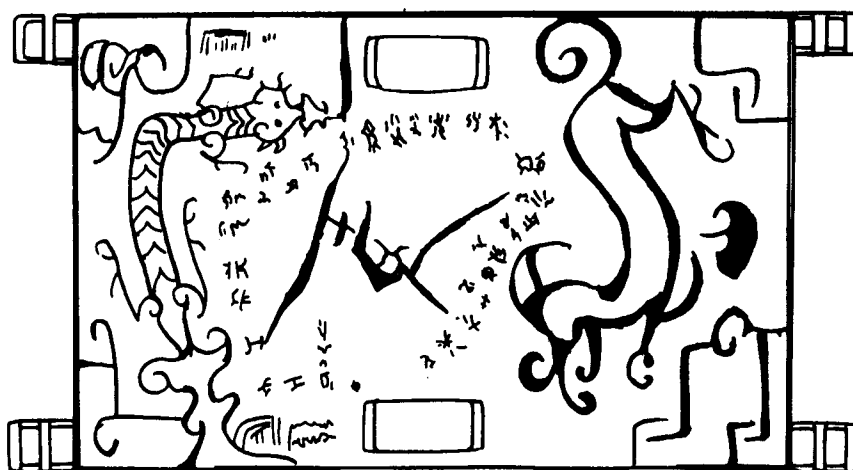



Fig. 4 Copy of the astronomical diagram unearthed in 1978 in Hubei from the tomb of Marquis Yi of the state of Zeng dated to the fifth century B.C.

The character *xiu* 宿 literally means a temporary resting-place. With the mental picture that the twenty-eight equatorial compartments (identified with the twenty-eight star-groups) functioned as the restingplace for the apparent journey of the sun, these equatorial compartments gradually became known as *xiu*. The familiar translation of *xiu* as "lunar mansion" is rather misleading, since the equatorial compartments were *xiu* not only for the moon, but also for the sun and planets. It is not difficult to see from early records such as the *Yao Dian* that, historically, the concept of *xiu* was developed primarily in relation to the apparent motion of the sun. Relationships to the moon and planets appeared gradually in the course of time.

Opinions differ considerably among scholars on the dates when the four divisions and the twenty-eight *xiu* were first completed. Among the extant Chinese classics, the *Kao Gong Ji* 考工记 (*The Artificer's Record*) is perhaps the earliest book in which the four divisions are mentioned. The earliest complete list of names of the twenty-eight *xiu* is found in the *Lüshi Chunqiu* 吕氏春秋 (*Master Lü's Spring-Autumn Annals*) of 239 B.C. However, it is in the *Huai-Nan Zi* 淮南子(*The Book of the Prince of Huai-Nan*) of 120 B.C. that both the four divisions and complete list of twenty-eight *xiu* are found.

4.3 An Archaeoastronomical Analysis

Two centuries of controversy about the antiquity of the fully developed system of *xiu* have been set to rest by the discovery of an astronomical diagram of the fifth century B. C. with the names of the twenty-eight *xiu* written clockwise in an oval ring encircling the character *Dou* 斗, Ursa Major (see Fig. 4). This diagram is painted in red with a black background on the cover of a wooden chest (length 82.8 cm, width 47 cm, and height 44.8 cm) unearthed in 1978 at Leigudun 擂鼓墩 in Sui 随 county, Hubei 湖北 Province, from a tomb identified as that of Marquis Yi 乙 of the state of Zeng 曾(Leigudun Team 1979: pl. 5). From the date found in the inscriptions on the burial gift, a ceremonial bell from the king of Chu 楚 to Marquis Yi, we learn that Marquis Yi died in the year 433 B. C. This implies that the system of twenty-eight *xiu* could not have been completed later than the fifth century B. C., which places a greater significance on the fact that twenty-four out of twenty-eight *xiu* had already appeared in the *Yue Ling* 月令 (*Monthly Ordinances of Zhou*) of about the seventh century B. C.

(角)、(埅)、(氐)、(方)、(心)、(尾)、(箕)、

(斗)、(牵牛)、(伏女)、(虚)、(𠂆)、(西萦)、(东萦)、

(圭)、(婁女)、(胃)、(矛)、(縪)、(此雈)、(参)、

(东井)、(與鬼)、(酉)、(七星)、(素)、(冀)、(車)。

Fig. 5 The identification of the names of the twenty-eight *xiu* in the seal form in the fifth-century B. C. astronomical diagram with those in the present form

All the characters for the names of *xiu* in the diagram of Marquis Yi are written in the seal form (*Wang* et al. 1979). In Fig. 5, they are identified with the present printed form. By comparing these with Table 5, it is seen that, apart from a few cases, the names of the *xiu* in the two sets are identical, except perhaps for homophone or stroke variations. The names provided by the astronomical diagram are invaluable in the study of the origins of the *xiu* names. A number of such studies are now available in the Chinese literature (Wang et al. 1979; Qiu 1979).

The astronomical diagram of the fifth century B. C. also provides valuable information on the development of the star-group divisions. In the diagram, a dragon and a tiger are drawn on opposite sides of the ring of twenty-eight *xiu*. An obvious interpretation is that the dragon corresponds to the *Qing-Long* (Blue Dragon) palace in the east and the tiger corresponds to the *Bai-Hu* (White Tiger) palace in the west. This, however, leaves open the question about the remaining two palaces of the *si gong*, namely, the *Zhu-Niao* (Vermilion Bird) in the south and the *Xuan-Wu* (Black Snake-Tortoise) in the north. Huang et al. (1982) suggest that the two remaining palaces can also be accounted for if one includes the displays on the front and back sides of the wooden chest together with the astronomical diagram displayed on its cover (Fig. 6). By interpreting the design on the front side as birds and the total blackness on the back side as an in-

dication of invisibility, they concluded that the Vermilion Bird palace and the Black Snake-Tortoise palace were indeed included in the overall presentation of the astronomical system on the wooden chest. To support their interpretation of total blackness as invisibility, Huang et al. point out that the date "the third day, *jia yin* 甲寅" is entered below the second *xiu* (namely, *Kang* 埅) in the astronomical diagram. The date, which was probably entered as a record of Marquis Yi's death, has been identified as the third day of the fifth month, corresponding approximately to the season of the spring equinox (*Wang* et al. 1979). Consequently, the seven *xiu* in the north were invisible below the horizon at dusk. Such an interpretation is of interest and deserves further study.

Fig. 6 Designs from the front and back of a wooden chest unearthed in 1978 in Hubei from the tomb of Marquis Yi of the state of Zeng, dated to the fifth century B. C., displayed together with the astronomical diagram from its cover

Recent archaeological discoveries suggest that the system of *xiù* probably had a long history of development. In a tomb excavated in 1987 at Puyang 濮阳 in the Province of Henan 河南, images of *long* 龙 (dragon) and *hu* 虎 (tiger) made of shells were found alongside the body of a male in the *Yangshao* 仰韶 cultural stratum dating to about 5000 B. C. (Fig. 7) (Puyang 1988: pl. 1.1). The orientation of the skeleton is such that its skull points to the south. The interest in this discovery lies in the comparison shown in Fig. 8. Taking the alignment of the body to the south together with the astronomical diagram unearthed from the tomb of Marquis Yi (Fig. 4), one sees that in both cases the dragon lies in the east and the tiger in the west. This seems to suggest that the astronomical significance attached to the images of the dragon and tiger seen in the astronomical diagram of the Marquis Yi tomb might have its roots in ancient mythology. The relationship was probably established by ancient skywatchers, perceiving the configurations of the stars in the east to have the image of a dragon and those in the west to have the image of a tiger. Such an origin could also account for the fact that the *xiu* are not equally spaced and that some of the determinative stars were quite far from the equator.

In this connection, two further mythical animals of antiquity are worth examining. Shown in Fig. 9 is a drawing of a mythical animal of the Yangshao culture in the Gansu 甘肃 tradition (c. 3000 B.C.) unearthed in 1958 at Gangu 甘谷. This snake-like animal might be related to what

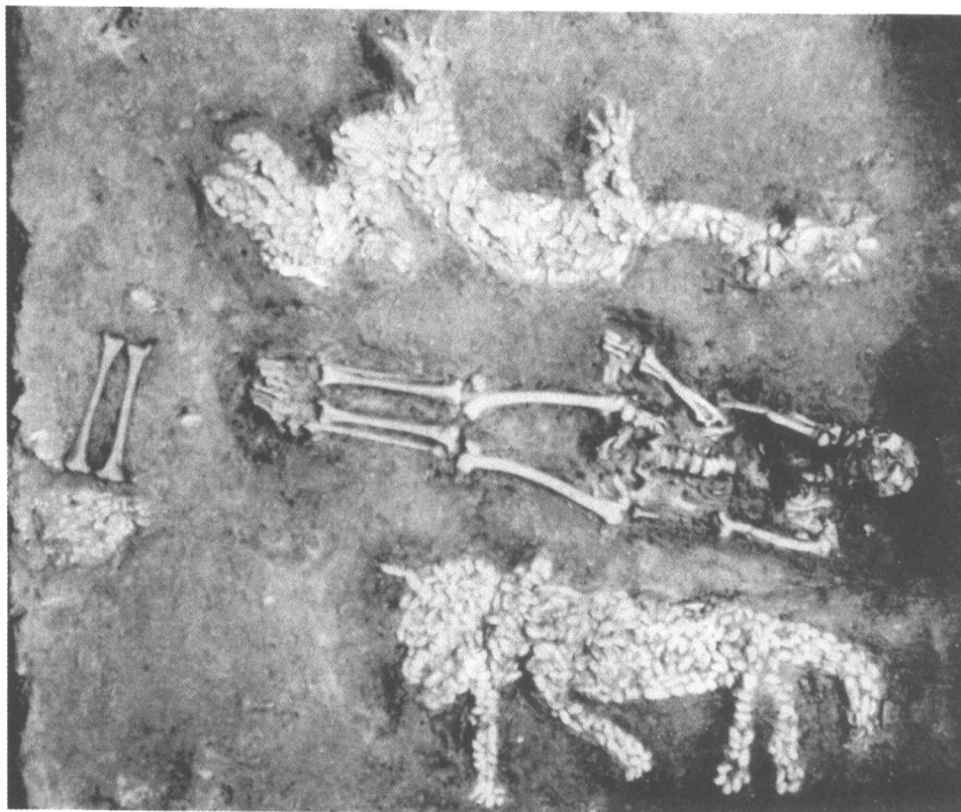



Fig. 7 Images of long 龙(dragon) and hu 虎(tiger) alongside a human body excavated in 1987 from the Yangshao cultrual stratum at Puyang in Henan Province

Fig. 8 A comparison of the arrangement of the images of a dragon and a tiger from a tomb of the Yangshao culture (c. 5000 B.C.) with that in an astronomical diagram from the tomb of Marquis Yi (434 B.C.)

later came to be known as the *Xuan-Wu* 玄武, the name for the star-group division in the north, since *Xuan-Wu* has been identified not only with the tortoise but also with the snake of antiquity.

The other mythical animal worthy of note is the bird of the Hemudu 河姆渡 culture of the Yangzi 扬子 valley in the south. The astronomical significance of the Hemudu bird is revealed by an ivory engraving unearthed in 1977 from the third Hemudu cultural stratum (c. 6000 B.C.) near Yuyao 余姚 in Zhejiang 浙江 Province (Hemudu 1980: pl. 3, Fig. 7 [T2263: 79]). A copy of the engraving is shown in Fig. 10. It consists, in addition to the Hemudu mythical birds, of six stars with the sun in the middle. It seems to illustrate the presence of the sun in a star-group identified with the mythical bird. This interpretation raises the interesting question of whether the engraving is an early description of the *Niao Xing* 鸟星, the "Bird Star", mentioned in the *Yao Dian* as well as in the shell-bone inscriptions of the fourteenth century B.C. It is well known to historians of astronomy that the *Niao Xing* has been identified with the twenty-fifth *xiu* (α Hya) central to the *Zhu-Niao* (Vermilion Bird) star-group division in the south.

4.4 The System of *Xiu* and Planisphere

The polar and equatorial character of the system of twenty-eight *xiu* has been a topic of much discussion. Needham (1959: 231, 252 – 258) commented that "many European scholars have found it almost impossible to believe that a fully equatorial system of astronomy could have grown up without passing through an ecliptic (zodiacal) phase, yet that undoubtedly happened". He also hastens to point out (ibid.: 231, footnote *g*) that "it happened in Babylonia first", and devotes much discussion to the possibility that the Chinese system was derived from Old Babylonian equatorial astronomy. Here we reexamine this problem by comparing the two systems in light of the new archaeological data already discussed.

It should be noted that our knowledge about ancient Mesopotamian astronomy is also very limited. We know virtually nothing about Sumerian astronomy, and our knowledge of Babylonian astronomy comes primarily from archaeological discoveries. Babylonian reliefs and tablets were first discovered in the mid-nineteenth century, in the ruins of Khorsabad in 1843 and in the ruins of Nineveh, both from the first palace library (Kuyunjik) between 1849 and 1850 and from the library of Ashurbanipal in 1853 (Neugebauer 1957: 59). Most of these tablets are now among the collections in European museums. Following the decipherment of cuneiform writing approximately a century ago historians of science have made significant progress in the interpretation of tablet texts on astronomy.

Two Babylonian tablets found in the British Museum (K250 and K8067), which contain the star and planet names *Elam*, *Akkad*, and *Amurru*, were probably among those coming from the Old Babylonian period (Wallis Budge 1909: pls. 40, 41, and 44; see also Weidner 1915: 62, 76). These stars and planets, listed in Table 6, were also found in association with *Ea* (*Enūma*), *Anu*, and *Enlil*, the three gods of *Elam*, *Akkad*, and *Amurru*, as shown in Table 7. This list was reproduced by Schroeder (1920: 119) from a Babylonian tablet (no. 218) of c. 1100 B.C. unearthed at Assur and preserved at the Berlin Museum.

Neugebauer (1957: 99) has pointed out that "deification of the Sun, Moon, or Venus cannot be called astronomy" and "the denomination of conspicuous stars or constellations does not consti-

tute an astronomical science". Our interest in the stars and planets listed in Table 6 lies in the fact that they were later associated with months (Table 7) and incorporated in the planispheres. Fragments of such planispheres (see Fig. 11) are found in tablets belonging to the "*Enūma, Anu, Enlil*" series (Wallis Budge 1912: 6, pls. 11 and 12). This series contained at least seventy numbered tablets with a total of about 7 000 astrological omens. The canonization of this enormous mass of omens is said to have extended over several centuries and reached its final form perhaps around 1000 B. C. Thus, the appearance of the planispheres in Babylonia is placed somewhere around 1200 B. C., contemporary with the Yin 殷 period (c. 1385—1112 B. C.) of the Shang dynasty.

Table 6 Stars and planets of *Elam*, *Akkad*, *and* Amurru
(from van der Waerden 1974: Table 2)

No.	Stars of *Elam*	Stars of *Akkad*	Stars of *Amurru*
1	....	APIN	IKU
2	....	*A-nu-ni-tum*	SHU. GI
3	....	SIBA. ZI. AN. NA	MUSH
4	....	UD. AL. TAR	KAK. SI. DI
5	....	MAR. GID. DA	MASH. TAB. BA. GAL. GAL
6	....	SHU. PA	BIR
7	....	*zi-ba-ni-tum*	NIN. MAH
8	GIR. TAB	UR. IDIM	LUGAL
9	....	UZA	*sal-bat-a-nu*
10	GU. LA	A^{mushen}	AL. LUL
11	N[U. MUSH. DA]	DA. MU	SHIM. MAH
12	....	*ni-bi-rum*	KA. A

Table 7 Stars and planets of *Ea*, *Anu*, *and Enlil*

Month	Stars of *Ea*	Stars of *Anu*	Stars of *Enlil*
Ⅰ. Nisannu	IKU	DIL. BAT	APIN
Ⅱ. Aiaru	MUL. MUL	SHU. GI	*A-nu-ni-tum*
Ⅲ. Simanu	SIBA. ZI. AN. NA	UR. GU. LA	MUSH
Ⅳ. Duzu	KAK. SI. DI	MASH. TAB. BA	SHUL. PA. E
Ⅴ. Abu	BAN	MASH. TAB. BA. GAL. GAL	MAR. GID. DA
Ⅵ. Ululu	*ka-li-tum*	UGA	SHU. PA
Ⅶ. Tashritu	NIN. MAH	*zi-ba-ni-tum*	EN. TE. NA. MASH. LUM
Ⅷ. Arahsamna	UR. IDIM	GIR. TAB	LUGAL
Ⅸ. Kislimu	*sal-bat-a-nu*	UD. KA. DUH. A	UZA
Ⅹ. Tebetu	GU. LA	*al-lu-ut-tum*	A^{mushen}①
Ⅺ. Shabutu	NU. MUSH. DA	SHIM. MAH	DA. MU
Ⅻ. Addaru	KUA	^{d}*Marduk*	KA. A

① The word *mushen* means "bird", and A^{mushen}(or more precisely A_2^{mushen}) mease "eagle".

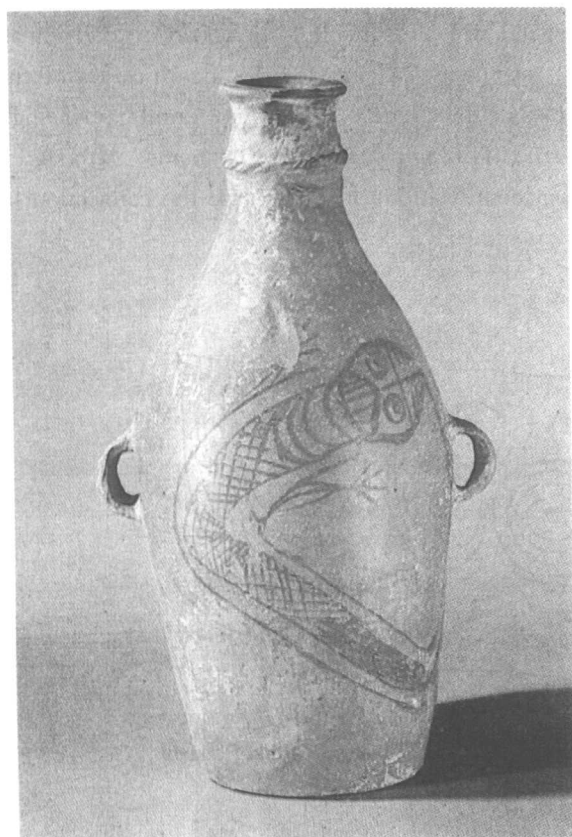



Fig. 9 A snake-like mythical animal painted on a flat - bottomed amphora of the late Yangshao 仰韶 culture (c. 3000 B.C.) unearthed in 1958 at Gangu 甘谷 in Gansu 甘肃 Province

The planisphere consists of a diagram of three concentric circles divided into a total of thirty-six sections by twelve radii. These sections contain the names of stars, constellations, and planets, together with simple numbers in arithmetic progression, the exact significance of which has not yet been explained.① A possible interpretation of the diagram is that it represented a division of the sky. Unfortunately, only fragments of such planispheres have so far been discovered. Pinches (1900) first attempted to restore the planisphere and copied a number of fragments found in the collections stored in the British Museum (see Sacks 1955). Although most of the original fragments have subsequently been lost, the copied material enabled Schott (1934) to publish the reconstructed diagram of the planisphere reproduced in Fig. 12. It can be seen that the planisphere consists of three "roads", each marked with twelve stars corresponding to the months. From Table 6, it is seen that the stars of the central road correspond to the Stars of *Anu*, those of the outer road to the Stars of *Ea*, and those of the inner road to the Stars of *Enlil*. This arrangement is certainly consistent with the story told in the *Enūma-Elis*, a Babylonian creation myth.

4.5 Discussion

Claims for the Babylonian origin of equatorial astronomy were based primarily on (1) the interpretation of the equatorial significance of the Babylonian planisphere, (2) the investigation of the relationship between Babylonian and Chinese nomenclature, and (3) the comparison of the date of the planisphere with that of Chinese work on the determination of the four seasons based on the meridian passage of the four star-groups recorded in the *Yao Dian*. On the basis of recent archaeological discoveries, we have shown in Section 2 that the account of official activities of Yao astronomical officers given in the *Yao Dian* was probably based on historical facts. The discovery of pictogram inscriptions on ceremonial pottery of around 2500 B.C. (Figs. 1 and 2) supports Biot's (1862) conclusion, based on the precession of the equinoxes, that the relationship between

① These numbers probably have something to do with the length of a day. See van der Waerden (1974:69).

the seasonal cycle and the four star-groups was observed around 2400 B. C.

Even if one disregards the inscribed ceremonial pottery vessels and Biot's dating and accepts the date of 800 B. C. for the observation, it would still be difficult to demonstrate Babylonian influence on Chinese developments in equatorial astronomy. Claims for the identification of the "moon stations" in cuneiform texts with the names of the Chinese *xiu* are not at all convincing. There is no Babylonian star-name that has the same meaning as a Chinese star-name. Although a few star-names have been mentioned for possible identification, in every case the connection in meaning is vague and obscure (Thibaut 1894).

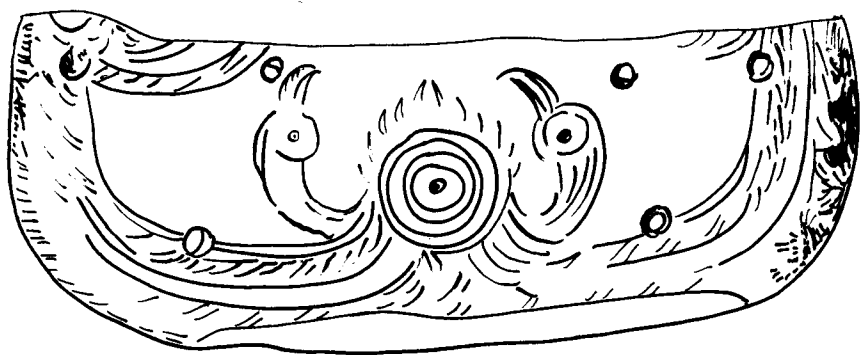



Fig. 10 A copy of an ivory engraving unearthed in 1977 from the third Hemudu cultural stratum (c. 6000 B.C.) near Yuyao in Zhejiang Province

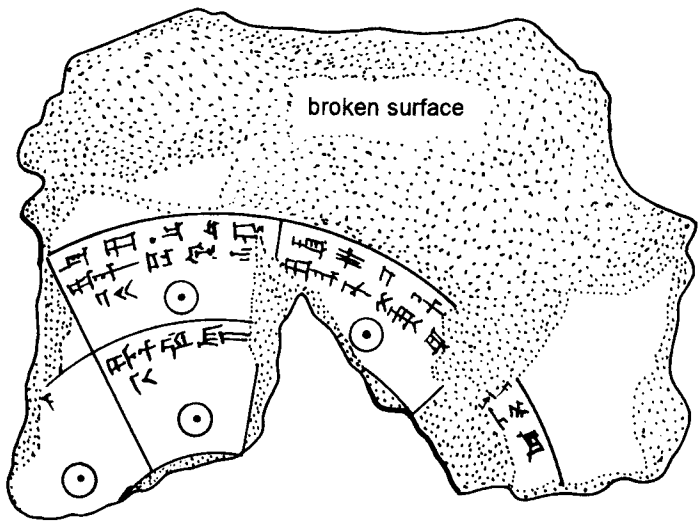



Fig. 11 Fragment of a Babylonian planisphere(c. 1200 B.C.)

It is important to evaluate the equatorial significance of the planisphere. Most historians of astronomy consider the central road (*Anu*) of the Babylonian planispheres to be the equatorial belt. The belt is marked with twelve stars, one for each month, according to the times of their heliacal rising. However, if one examines these stars, one realizes that not all of them are heliacal stars. They even include two planets. The first month is marked by the planet Venus (*DIL. BAT*) and the twelfth month by the planet Jupiter (*Marduk*). This is obviously incorrect because planets cannot be fixed to any particular month. Evidently, the twelve stars of *Anu* did not form an equatorial system comparable with the quadrantal *xiu* system of the *Yao Dian*.

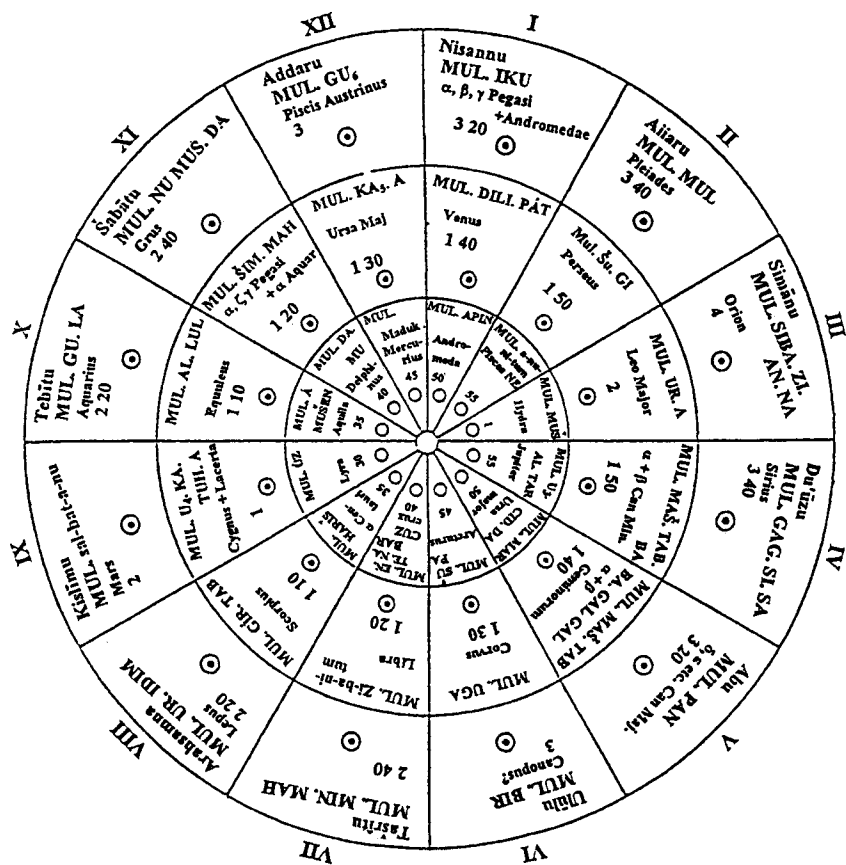



Fig. 12 The reconstructed diagram of the Babylonian planisphere by Schott (1934)

In addition to the determination of the seasons, the early Chinese *xiu* system was used for specifying celestial positions. Examples of such usage are found at an early date among the shell-bone inscriptions. Reproduced in Fig. 13 is the oldest extant record of the sighting of a nova, dating from about 1300 B.C. The inscription reads:

七日己巳夕豆㞢新大星并火。

On the seventh day of the month, a *ji-si* 己巳 day, a great new star appeared at dusk in company with *Huo* 火 (Antares).

Here the position of the nova is specified using the star *Huo*.

A modified Babylonian system of thirty-six stars dating to c. 700 B.C. is found in the texts of the *Mul Apin* tablet series (Weidner 1924). Except for eight bright stars somewhat far from the equator, the twenty-eight stars are within an equatorial belt about 30°in width. This system, consisting only of fixed stars, is more advanced than the planisphere. By this time, the Chinese *xiu* system had also been expanded into its final form, as indicated by records found in the *Yue Ling* 月令 (*Monthly Ordinances of Zhou*). All but four of the twenty-eight *xiu* (nos. 7, 18, 23, and 26) are mentioned in the *Yue Ling*. An example entry follows:

Fig. 13 A record of the sighting of anova inscribed on a bone dating from about 1300 B. C. It reads (the left two columns of characters): "On the seventh day of the month, a ji-si 己巳 day, a great new star appeared at dusk in company with Huo 火"

> 季秋之月，日在房，昏虚中，旦柳中。
>
> In the third month of the autumn, the sun is in *Fang* 房. *Xu* 虚 culminates at dusk. *Liu* 柳 culminates at dawn.

This illustrates the general way in which the system was applied. The *Yue Ling* is a *Zhou* work of about the seventh century B.C. and probably earlier. It was incorporated into the *Liji* 礼记 (*Record of Rites*) and the *Lüshi Chunqiu* 吕氏春秋 (*Master Lü's Spring and Autumn Annals*).

Comparing the thirty-six-star system of the *Mul Apin* with the twenty-eight-*xiu* system, we find no evidence of transmission in either direction. Needham (1959:256 - 257) offered the *Qiheng Tu* 七衡图 of the *Zhoubi Suanjing* 周髀算经 (*The Mathematical Classics of the Zhou Gnomon*) as evidence of traces of Babylonian influence. *Qiheng Tu* is a diagram consisting of the north pole with seven concentric circles describing the change in orbit of the sun's apparent annual motion. It was calculated from sun-shadow measurements based on a relation between distance and shadow length derived by Chen Zi 陈子 under certain assumptions and approximations (Chen and Xi 1991). The diagram was not an attempt to divide the sky.

The Babylonian three-road divisions may be compared with the combination of the *zhong-guan* 中官 and *wai-guan* 外官 with the twenty-eight *xiu* in the Chinese system.① In this case, the *zhong-guan* corresponds to the region of the inner road (*Enlil*), the "*wai-guan*" to the region of the outer road (*Enuma*), and the twenty-eight *xiu* to

① For an account of the *zhong-guan* and *wai-guan* in a Western language, see Needham (1959: 263 - 265).

the region of the central road (*Anu*). Such a division of the sky for celestial cartography is a logical extension of the equatorial *xiu* system, and is not due to the influence of the Babylonian three-road divisions.

It is perhaps worthwhile noting that even by around 700 B.C. concepts such as celestial equatorial and ecliptic systems were probably not well developed. They were certainly not as clearly defined as they are in modern astronomy. The selection, in the Babylonian system, of the central-road stars along a 30° equatorial belt can be considered an intermediate step toward either an equatorial or an ecliptic system. Thus, the fact that the Seleucid Babylonian cuneiform texts of the third and second centuries B.C. give great prominence to the zodiac, and the exclusive use of ecliptic coordinates, should not be surprising. This can be attributed to parallel, independent developments in science.

Acknowledgements

This research has been supported in part by the Education Abroad Program of the University of California.

Key to Chinese Periodicals

Kejishi Wenji 科技史文集　Collec ted Essays on the History of Science and Technology
Qixiang Xuebao 气象学报　Meteorological Magazine
Wenwu 文物　Cultural Relics
Zhongyuan Wenwu 中原文物　Central Plain Cultural Relics

References

Bezold, C. Sze-ma Ts'ien und die babylonische Astrologie. *Ostasiatische Zeilschrift* . 1919(8): 42 - 49

Biot, J. B. *Études sur l'astronomie Indienne et sur: astronomie Chinoise*. Paris: Lévy 1862.

Chen Cheng-Yih 程贞一. History of mathematics in Chinese civilization. Lecture notes for Chinese Studies . San Diego: University of California, 1980. 170

Chen Cheng-Yih 程贞一(1981). Scientific thought and intellectual foundation. Lecture notes for Chinese Studies. 170A, San Diego: University of California, 1981. 170A

Chen Cheng-Yih 程贞一(n.d.a). The impact of archaeology on the Chinese history of science and technology. In *Proceedings of the Fourth International Conference on the History of Chinese Science. Australia: University of Sydney, May* 1986, ed. Ho Peng-Yoke 何丙郁 and Henry Chan 陈民熙. Beijing: China Science and Technology Press. (In press)

Chen Cheng-Yih 程贞一(n.d.b). Certain scientific knowledge found in the pottery and shell-bone inscriptions. In *Research in the history of science and technology in China , ed*. Liu Kwong-Ting 刘广定. Taibei: *Lian Jing* 联经 Publishing Co. (In press)

Chen Cheng-Yih 程贞一 and Xi Zezong 席泽宗. The Chen Zi 陈子 model and early attempts in the measurements of the sun. In *Chugoku Kogabushi Ron Zokuhen* 中国古代科学史论(*History of Science in Ancient China*) 1991. Yamada Keiji 山田庆儿 and Tanaka Tan 田中淡. Kyoto: Kyoto University (in Chinese and Japanese). 367 - 383

Chen Jiujin 陈久金. *Lifa de Qiyuan he Xianqin Sifenli* 历法的起源和先秦四分历(The origin of calendars and the Pre-Qin "quarter remainder" calendar). *Kejishi Wenji* . 1978(1): 5 - 21

Chen Jiujin 陈久金. *Tian-Gan Shirikao* 天干十日考 (Textual Research on the Denary Day-count cycle). *Studies in the History of Natural Science* . 1988. (7): 119 – 127

Chen Zungui 陈遵妫 . *Zhongguo Gudai Tian Wenxue Jianshi* 中国古代天文学简史(*A Short History of Astronomy in Ancient China*). Shanghai: Renmin Publications. 1955.

Cheung Kwong-Yue 张光裕. Recent archaeological evidence relating to the origin of Chinese characters. In *The origin of Chinese civilization*, ed. D. N. Keightley. Berkeley CA: University of California Press. 1983. 323 – 339

Dong Zuobin 董作宾. *Anyang FajueBaogao* 安阳发掘报告 (*Reports from the Excavation at Anyang*), vol. 2. Beijing: Institute of History and Philology, Academia Sinica. 1930.

Dong Zuobin 董作宾. *Yinli Pu* 殷历谱 (*The Calendar of the Yin* period). Lizhuang: Academia Sinica. 1945.

Edkins, J. The Babylonian origin of Chinese astronomy and astrology. *China Review* . Hong Kong: 1885(14): 90 – 95

Hashimoto Masukichi 桥本增吉. "Shokyō (Gyōten)" no Shichūsei ni tsuite (On the four stars culminating at dusk at the equinoxes and solstices, recorded in the *Yao Dian* of the *Book of Documents*). *Toyo Gakuho* (*Reports of the Oriental Society of Tokyo*) 1928(17): 303 – 385. (In Japanese)

Hemudu 河姆渡 (Archaeological Team of Hemudu Cultural Site) . *Zhejiang Hemudu Yizhi Dierqi Fajue Zhuyao Shouhuo* 浙江河姆渡遗址第二期发掘主要收获 (Excavation of the Second Season at *Hemudu* Site in Zhejiang Province). *Wenwu* . 1980(5):1 – 14

Huang Jianzhong 黄建中, Zhang Zhenjiu 张镇九 and *Tao Dan* 陶丹. *Leigudun Yihaomu Tianwen Tuxiang kaolun* 擂鼓墩一号墓天文图象考论(A Textual Research on the Astronomical Diagrams in No. 1 Tomb of Leigudun). *Journal of the Central China Teachers' College* . 1982(4): 29 – 39

Kugler, F. X. *Sternkunde und Sterndienst in Babel*, vol. 2. Münster: Aschendorff. 1909.

Leigudun Team (Archaeological Excavation Team for No. 1 Tomb of Leigudun). *Hubei Suixian Zenghou Yi Mu Fajue jianbao* 湖北随县曾侯乙墓发掘简报(Excavation of the Tomb of *Zeng Hou-Yi* at *Suixian* County in *Hubei* Province). *Wenwu* . 1979(7):1 – 24

Lü Zifang 吕子方. *Zhongguo Kexue Jishushi Lunwenji* 中国科学技术史论文集(*Collected Essays on Chinese History of Science and Technology*), vol. 2. Sichuan Renmin Publications. 1979.

Needham, J. *Science and civilization in China*, vol. 3. Cambridge: Cambridge University Press. 1959.

Neugebauer, O. *The exact sciences in antiquity*, 2nd. ed. Providence RI: Brown University Press. 1957.

Oldenberg, H. *Nakshatra und Sieou*. *Nachrichten von der Konigl. Gesellsch (Akademie) der Wissenschaften zu Göttingen (Philologisch-Historische Klasse)* 1909. 544 – 567

Pannekoek, A. *A history of astronomy*. London : Simson Shand. 1961.

Parker, R. A. and Dubberstein, W. A. *Babylonian chronology*. Providence RI: Brown University Press. 1956.

Pinches, T. G. Sumerian cryptography. *Journal of the Royal Asiatic Society*. 1900. 75 – 96

Puyang 濮阳(Cultural Relics Management and *Puyang* Museum) . *Puyang Xishuipo Yizhi shijue Jianbao* 濮阳西水坡遗址试掘简报(A Trial Excavation at the *Xishuipo* Neolithic site in *Puyang*). *Zhongyuan Wenwu* . 1988(1):1 – 6, 22

Qiu Xigui 裘锡圭 . *Tantan Suixian Zenghou Yi Mu de Wenzi Ziliao* 谈谈随县曾侯乙墓的文字资料(A Discussion of the Inscribed Writings Found in the Tomb of *Zenghou Yi* at *Suixian* in *Hubei* Province). *Wenwu* . 1979(7): 25 – 32

Sacks, A. Late Babylonian astronomical and related text copied by Pinches and Strassmaier. Providence RI: Brown University Press. 1955.

Schott, A. Das Weiden der babylonisch-assyrischen Positions-astronomie und einige seiner Bedingungen. *Zeitschrif tder deutsch morgenländischen Gesellschaft* . 1934(88): 302 – 337

Schroeder, O. *Keilschrifttexte aus Assur verschiedenen Inhalts*. 1920. Leipzig: Teubner. 1920.

Shandong Provincial Culture Relics Management and *Jinán* 济南 Museum. *Dawenkou* 大汶口. Beijing: *Wenwu* 文物 Publishing House. 1974.

Shao Wangping 邵望平(1978). *Yuangu Wenming de Huohua—Taozun Shang de Wenzi* 远古文明的火花——陶尊上的文字(Glimmerings of Antiquity—the Inscription on a Pottery Vessel). *Wenwu* . 1978(9): 74 – 76

Shinjo Shinzo 新城新藏 . Dongyang Tianwenxueshi Yanjiu 东洋天文学史研究 (*Researches on the History of Astronomy in East Asia*). 1929. Chinese translation by Shen Xuan 沈璿. Shanghai: Chinese Science and Art Society.

Tang Lan 唐兰 . *Guanyu Jiangxi Wucheng Wenhua Yizhi Yu Wenzi de Chubu Tansuo* 关于江西吴城文化遗址与文字的初步探索(A Preliminary Study of the *Wucheng* Cultural Stratum and the Writings in *Jiangxi*). *Wenwu* . 1975(7): 72 - 76

Thibaut, G. On the hypothesis of the Babylonian origin of the so-called lunar zodiac. *Journal of the Asiatic Society of Bengal* . 1894(63):144 - 163

van der Waerden, B. L. *Science awakening II. The birth of astronomy*. Leyden: Noordhoff International Publishing. 1974.

Wallis Budge, E. A., ed. *The cuneiform texts from Babylonian tablets*, vol. 26. London: British Museum. 1909.

Wallis Budge, E. A., ed. *The cuneiform texts from Babylonian tablets*, vol. 33. London: British Museum. 1912.

Wang Jianmin 王健民, Liang Zhu 梁柱 and Wang Shengli 王胜利. Zenghou Yi Mu Chutu de Ershibaxiu Qinglong Baihu Tu 曾侯乙墓出土的二十八宿青龙白虎图(A Diagram of the Twenty-eight Star Groups with a Green Dragon and White Tiger Unearthed from the Tomb of Marquis Yi). *Wenwu* . 1979(7):40 - 45

Wang Tao 王韬. *Chunqiu Shuorun Zhiri Kao* 春秋朔闰至日考(*Studies of the Lunisolar Intercalation Procedures of the Chunqiu Period*). Shanghai: Mei Hua 美华 Publishing House. 1889.

Weidner, E. F. *Handbuch der Babylonischen Astronomie*, *I*. *Der babylonische Fixsternhimmel*. Leipzig: Hinrichs (Assyrio-logische Bibliothek,). 1915(23).

Weidner, E. F. Ein babylonisches Kompendium der Himmelskunde. *American Journal of Semitic Languages and Literature* . 1924(40): 186 - 208

Xi Zezong 席泽宗. New archaeoastronomical discoveries in China. *Archaeoastronomy* (Center for Archaeoastronomy) 1984(7):34 - 45

Yabuuchi Kiyoshi 薮内清. *Astronomy and calendrical science in China*. Tokyo: Heipon 平凡 Publishing House. 1969. (In Japanese)

Yu Xingwu 于省吾. Guanyu Guwenzi Yanjiu de Ruogan Wenti 关于古文字研究的若干问题(Some Problems Concerning the Study of Ancient Writing). *Wenwu* . 1973(2):32 - 35

Zhao Zhuangyu 赵庄愚. Cong Xingwei Suicha Lunzheng Jibu Gudian Zhuzuo de Xingxiang Niandai ji Chengshu Niandai 从星位岁差论证几部古典著作的星象年代及成书年代(The Use of the Precession of the Equinoxes for Dating the Star Phenomena Recorded in the Chinese Classics). *Kejishi Wenji* . 1983(10):69 - 92

Zhu Kezhen 竺可桢. *Ershibaxiu Qiyuan zhi Shidai yu Didian* 二十八宿起源之时代与地点(On the Place and Time of Origin of the Twenty-eight "xiu"). *Qixiang Xuebao* . 1944(18):1 - 30

〔This paper was published in *Astronomies and Cultures* (paper delivered from the Third "Oxford" International Symposium on Archaeoastronomy, St. Andrews, UK, September, 1990), Univ. Press of Colorado, 1993〕

The Influence of Western Astronomy on China in the 17th and 18th Centuries

The Substance of Western Astronomy

From the end of the 16th century Jesuits gradually came to China. While they were propagating their religion, they also spread much European knowledge of natural sciences, among which the most remarkable and the most important is astronomy. The major elements of western astronomy introduced into China in the 17th and 18th centuries can be summed up into six parts.

The first is the method of geometrical models. As a main theory, Tycho Brahe's system was introduced, but some of those of Ptolemy, Copernicus and others were also included. Later on Kepler's elliptical orbit theory was introduced, but at the centre there was still the earth rather than the sun. These geometrical models became the theoretical basis of the official astronomy of the Qing dynasty for more than two centuries.

The second is the idea that the earth is spherical. This idea is common to western astronomers, whether Ptolemy, Copernicus, or Tycho Brahe. But it had never been definitely established in ancient China.

The third is the publication of *Chongzhen Lishu* (*Treatise on Calendar Science for the Period of Chongzhen's Reign*) in 1634, which consisted of 134 volumes. Later on Adam Schall supplied some new materials to and left some contents out from the book and changed its name to *Xiyang Xinfa Lishu* (*Treatise on Calendar Science according to the New Western Methods*). Under the new name the great book was published many times. For rather long period, as an encyclopaedia of the western classical astronomy, it became a main source of Chinese scholars to research astronomy, so its influence is great.

The fourth is the introduction of telescopes. At the beginning of the 17th century the Jesuits Emanuel Diaz and Adam Schall in their books both introduced Galileo's telescope and his astronomical discoveries into China. At the end of the Ming dynasty astronomical telescopes had come into use in the Imperial Bureau of Astronomy.

Some of these came from those Jesuits and some were made by Chinese artisans. But by the end of the Qing dynasty China had not yet made such mighty advances as the West did.

The fifth is the construction of the western astronomical instruments. Among them the astrolabe, the ecliptic armillary sphere and the sextant were novel in China. The most remarkable are the six large bronze instruments built under the supervision of a Belgian missionary, Ferdinand Verbiest, in 1673. As a token of the friendship between Belgian and China, all the originals are

now preserved in Beijing Ancient Observatory.

The sixth is that Jesuits were in charge of the Imperial Bureau of Astronomy for nearly 200 years, from the beginning of the Qing dynasty when Adam Schall was appointed head of that Bureau. In consideration of the special position of the head of the Imperial Bureau of Astronomy at the imperial court in ancient China, the historical role played by these Jesuits should not be underrated.

The Influence

In fact, European classical astronomy had twice been transmitted to China before the arrival of Jesuits. The first transmission took place at the beginning of the 8th century through the medium of Indian astronomy; the second in the 13th and 14th centuries, through the medium of Islamic astronomy. But neither had great influence on China. The third transmission, which began at the end of the l6th century, was not only much broader in scale than the previous two, but also had an extensive and far reaching influence on China. The influence has extended far beyond the boundaries of astronomy, even natural science. Here we can only roughly and briefly discuss its three most striking aspects.

1. Spurring Chinese scholars on to study astronomy with a new enthusiasm

In ancient China astronomy was one of the most developed subjects among the natural sciences. However, in the Ming dynasty (1368—1644) it began to decline. At the end of the Ming dynasty the imported western astronomy attracted people's attention from various angles as if a big stone should be thrown into a calm lake. Because at that time western astronomy assumed a rather high accuracy in predicting the celestial phenomena such as the eclipses, some Chinese scholars were quite really convinced and admired it enthusiastically. They first learnt and mastered it, and then actively suggested that the Imperial Bureau of Astronomy should use it to reform the calendar. The representative figures among them were Xu Guangqi (1562—1633) and Li Zhizao (1566—1630). But on the other hand, there were some scholars who flatly rejected the western astronomy. For example, at the turn of the Ming and the Qing dynasty both the two famous figures, Song Yingxing and Wang Fuzhi resolutely opposed the western idea that the earth is spherical. A little later, Yang Guangxian also opposed this idea and moreover criticized Adam Schall's calculation of eclipses saying they were faulty. However, there is no doubt that both the enthusiastic admiration and the resolute opposition attracted the attention of scholars to astronomy. It is important that from the founding of the Calendrical Board by the Ming government, which was under the leadership of Xu Guangqi, it became an affair of state whether to adopt the Chinese or the western method. Towards the end of the Ming dynasty the argument about this problem went on for more than ten years, but no conclusion was reached. In the beginning of the Qing dynasty, although the western method had been adopted, the argument still went on for quite some time. The argument not only stimulated many scholars to study astronomy, but also interested the Emperor Kangxi. Yang Guangxian and Adam Schall measured the shadows of the sun in public in order to examine the advantages or the faults of their own method, but no one of

the officials present understood it. This situation made a deep impression on Emperor Kangxi. He decided himself to study astronomy in order to judge between right and wrong.

At first Emperor Kangxi studied only astronomy, but later on he seemed to be deeply attracted by the western sciences. There are lively descriptions in the Jesuit's diary of Kangxi's manner. He studied intelligently and often talked about astronomy with the imperial family, with ministers and others, sometimes inclining a little to parading his learning. Besides he gave the folk astronomer Mei Wengding (1633—1721) an unprecedented courteous reception. In China there is an old saying: "What a leader has a preference for, must be liked more by his subjects." Kangxi's interest in astronomy became a very fashionable affair in the Qing dynasty. This general mood was indeed unprecedented in Chinese history. I would like to illustrate this by a few interesting examples.

Zhang Yongjing who had written a book on calendars *Dingli Yuheng*, travelled thousands of kilometres to visit Mei Wending to discuss learning about astronomy. They argued with each other for more than one year and dealt with hundreds of problems. A majority of these problems they finally agreed upon, but Zhang still refused to accept the idea that the earth is spherical. He debated with Mei again and again, and a record of over thirty thousand words remains. Zhang Yongjing later wrote *Xuancheng Youxue Ji (A Note of Academic Travel to Mei's Native Place)* to describe the discussion①.

Driven by his admiration for Mei Wending, Liu Xiangkui sold the property of his family and went from Hubei Province to Xuancheng to become Mei Wending's student. He later earned Mei's admiration for helping Mei complete the geometrical model of the internal planets ②.

Another example is Zeng Guofan. He is well-known not only for his political, military and diplometic activities, but also for his learning. He was also rather conceited himself in this respect. However, in a letter to his son written in his old age, he still maintained that there had been three humiliations in his life. Surprisingly, his first humiliation is that he had no knowledge as to astronomy and could not recognize the stars and the planets. He exhorted his son again and again, "if you are my good son, you should make up your mind to wipe out the three humiliations and intelligently to study astronomy no matter how difficult" ③. Shortly after that he once again expounded the expectance in his letters to his son. This took place in the 19th century at which time the enthusiasm for studying astronomy had abated. However, in the heart of Zeng Guofan astronomy still occupied a privileged position. So it cannot be difficult to imagine the flourishing state of astronomy before that.

With regard to the upsurge of astronomical studies during this period, it is worth paying attention to the fact that the share of the folk astronomers was quite large. At that time, the most famous and successful astronomers were scholars from the people, such as Mei Wending, Wang

---

① Ruan Yuan. *Chou Ren Zhuan* (Biographies of Mathematicians and Astronomers). Chapter 40. Shanghai: Commercial Press, 1995.

② *Ibid*.

③ *Zeng Guofan Jiaozishu* (*Letters of Zeng Guofan to His Sons*). Changsha: Yuelu Press, 1986.

Xichan and Jiang Yong. In the Imperial Bureau of Astronomy no one could compare with them. This situation is also unprecedented in the history of China. Why? one may well ask. The reason is very complicated. The situation was related to the policy of the Qing government who did not forbid people outside the Imperial Bureau of Astronomy to study astronomy, Emperor Kangxi's advocacy, and the political feeling of the surviving people of the Ming dynasty, the situation was also related to the Jesuits' import of the western astronomy. At the turn of the Ming and Qing dynasty, the works of Jesuits on astronomy, such as Matteo Ricci's *Qiankun Tiyi* (*The System of the Heaven and Earth*), Emanuel Diaz's *Tianwenlüe* (*Explicatio Spherae Coelestis*) and Adam Schall's *Yuanjingshuo* (*Far Seeing Optical Glass*) were currently read among the intellectuals. The publication of *Chongzhen Lishu further* provided them with the research materials of astronomy. It was precisely from *Chongzhen Lishu* that Wang Xichan started to learn astronomy.

2. Changing the method of traditional Chinese astronomy

After the Qing government appointed Adam Schall director of the Imperial Bureau of Astronomy and adopted the western method to calculate the official ephemeris, western astronomy obtained an official position. The later edition of *Lixiang Kaocheng* (*Compendium of Calendar Science and Astronomy*) in 1742 dealt with the solar motion using Kepler's elliptical law, but at the centre there is the earth rather than the sun. It can still be included in the category of geometrical systems. Not only the Imperial Bureau of Astronomy used the western method to compile calendars, but also a majority of works of astronomers among the people dealt with the study, the supplementation or the explanation of the western method. Even Wang Xichan who actively advocated "resolving the contents of the western astronomy, mould it in the traditional pattern of the Datong system" ①, also wrote a book entitled *Wuxing Xingdu Jie* (*Analysis of the Motion of the Five Planets*) which was simply a work to study and discuss the western method. Because the Copernican heliocentric system and the Kepler's three laws of planetary motion can be deduced only by the geometrical method used in European astronomy, and are difficult to deduce by Chinese traditional algebraic method②, the historical significance of the change of the Chinese traditional method should not be underestimated.

Speaking of Chinese scholars studying western astronomy, we cannot but deal with the problem of the flow of astronomy between China and the West. This problem was actively much talked about among Chinese intellectuals. At first, Xu Guangqi proposed "if we want to surpass the West, first we shall have to master it" ③. Later on the eminent astronomers Wang Xichan and Mei Wending were considered as the great masters of both Chinese and Western astronomy. Another famous astronomer xue Fengzuo (1600—1680) also considered linking up astronomy of China and the West as his task and entitled his work *Tianxue Huitong* (*Towards a Thorough*

---

① Wang Xichan. Preface to his *Xiaoan Xinfa*. 1643.

② The Study Group for the History of Chinese Astronomy, *Zhongguo Tianwenxue Shi* (*A History of Chinese Astronomy*). Beijing:Science Press, 1981.224.

③ Xu Guangqi Ji (Collection of Papers by Xu Guangqi) .Beijing: Zhonghua Press, 1963.374.

Understanding of Astronomical Science in China and the West).

The catching up with and the surpassing of the West, to which Xu Guangqi looked forward, did not materialize. To a great extent, this is because they did not actually view the surpassing as their goal. Indeed, Wang Xichan and Mei Wending had done very much research in the astronomy of both China and of the West, but their work unfortunately was lost. Wang devoted himself to demonstrating that the western learning originated from China. He considered that the western astronomical method had existed in ancient China and even thought that it had been stolen from China. In the meantime, he made a striking attempt to incorporate some western methods into Chinese traditional astronomy without changing the mode ofthe latter. His *Xiaoan Xinfa* (*New Methods of Wang Xichan*) is just the concrete practical application of his intention. As to Mei Wending, his enthusiasm in demonstrating "western learning originated from China" is much greater than that of Wang Xichan. In fact, he was an embodiment of the theory. According to his view, both European and Islamic astronomy were developed on the basis of the Gaitian theory in the *Zhoubi Suanjing* (*The Arithmetical Classic of the Gnomon and the Circular Paths of Heaven*), which had been transmitted to the West at the end of the western Zhou dynasty, in the 8th century B. C.

Because the work to linking up the astronomies of China and the West consisted in demonstrating that Western learning originated from China, and this trend was not only generally welcomed by intellectuals, but energetically advocated by Emperor Kangxi, in spite of the western astronomical method being applied, astronomy was not developed any further. That is a pity.

3. **Fighting the traditional idea of using Chinese culture to change foreign ones**

In ancient China, to promulgate the calendar was a symbol of dominion and only the court should have it in hand. So it was a very sacred affair. Meanwhile, Chinese people all along thought that Chinese culture was more advanced than any other abroad and that only the Chinese could teach or change other nationalities by means of Chinese policies and culture. However, since the Qing government reformed the calender by means of the western astronomy and appointed the Jesuits to head of the Imperial Bureau of Astronomy, an out-and-out state of using foreign culture to change Chinese one became evident. Let alone the issue of the calendar was a sacred affair. Such a state was difficult to accept for Chinese intellectuals in general. It was just one expression of this dissatisfaction that Yang Guangxian criticized Adam Schall and filed a suit against him in court. Although due to the Emperor Kangxi's enlightened attitude Yang Guangxian was condemned and lost his official post, psychologically it was difficult to accept this situation calmly. Therefore, the argument still went on. We would like to take an example which took place half a century after Yang Guangxian was condemned.

Jiang Yong (1681—1762), the great master of Confucian Classics in the Qing dynasty, was also a man of achievements in astronomy. He wrote a book to discuss the western geometrical system . Reading the manuscript of this book, Mei Gucheng, the grandson of Mei Wending, a scholar in the Emperor Kangxi's good graces, wrote an antithetical couplet for Jiang Yong: "Chan Jing Yi Ru Ou Luo Shi, Yong Xia Huan Si Ya Sheng Yan", which means that Jiang Yong had reached a higher level in research on European astronomy, but he still hoped Jiang would not

forget Mencius teaching "using Chinese culture to change foreign ones". Jiang Yong understood that Mei Gucheng was afraid of him going too far in advocating western learning and wanted him still to use the Chinese traditional astronomical system, but he indicated: "Now the flourishing of the western learning is as bright as midday sun. Who are the pioneers ? The initiated work of the western scholars particularly should not be forgot." ① This short paragraph is rather worth notice. Here Jiang Yong did not accept the theory that western learning had originated in China, and definitely indicated that westerners could found better astronomy than Chinese.

In the Qing dynasty, the demonstration that western learning originated from China mitigated the conflict between the western astronomy and the traditional belief in "using Chinese culture to change foreign ones" to a certain degree, and western learning broadened Chinese scholars' vision. However, Jiang Yong's enlightened attitude was far from being accepted by the broad masses of scholars. Nevertheless he had no lack of persons to support or sympathize with his view. For example, when speaking of western astronomy, Zhao Yi, a famous historian and poet, said: "Western countries are far away by hundred thousand kilometers, but their method is better than ours. In consequence, we should understand that the world is so wide and that there are sages in other countries. Discoverers and inventors are born not only in China." ② These words in favour of western science are more straightforward than Jiang Yong's saying.

About the Scientific Revolution

The discussion of the influence of western astronomy on China in this period has naturally led to such questions as "Why did the scientific revolution not take place in China or did it ?" ③ Because the adopted definition of "scientific revolution" is commonly given after the event, it is necessarily to a high degree in accordance with the objective effect. So far as astronomy is concerned, there is no exception. In China, the western geometrical method was substituted for the traditional algebraic method, but when European astronomy afterwards developed by leaps and bounds and entered the age of celestial mechanics and mathematical analysis, Chinese astronomy still insisted on using the classical geometrical system. In fact, from the beginning to the end, Chinese astronomy within the Qing dynasty had not gone beyond the scope of *Chongzhen Lishu* and had been corrected only in detail. If we consider objective effects, we evidently cannot claim that within the 17th century an astronomical revolution similar to the one in Europe ever occurred in China.

However, the geometrical method is completely different from the algebraic method. After all the former was substituted for the latter in China. Can we consider this as a revolution of ideas? It is also difficult to accept. In the first place, the traditional algebraic method of China can also be thought of as a mathematical model. After the geometrical system of the West was intro-

---

① Jiang Yong. Preface to his *Shuxue* (*Mathematics*) . Shanghai: Commercial Press, 1936.3.

② Zhao Yi. *Yanbao Zaji*. Beijing: Zhonghua Press, 1982.36.

③ N. Sivin. *Chinese Science*(Philadelphia). 1982. (5):45 – 66.

duced, the great majority of Chinese scholars indeed regarded it as a calculating method. The following words written by Qian Daxin (1728—1804) are quite representative:

> "The theory of the epicycle and the deferent is a hypothesis. Now the western astronomers have given it up, and use a new theory of the ellipse. I think the theory of ellipse is also a hypothesis. It is important for the results of calculation and observation to agree regardless of any hypothesis ". ①

Evidently, for Chinese astronomers the geometrical system is only a calculating method rather than a real state of the universe, so its significance cannot be comparable to the Copernican revolution in Europe. Next, the theory of "western learning originated from China" was widely accepted. It affirmed that the western astronomy originated from China and already existed in ancient times. Thus there was no substitution of a new idea for an old one, and therefore we cannot further talk about a revolution of idea.

In general, the influence of western astronomy on China in this period was great and it went far beyond the realm of astronomy, or even natural science. But it was still introduced as a skill. This skill was mainly used for calculating calendar and not used for further research on nature. In other words, in the 17th century, although Chinese astronomy had changed its research method, it did not change its traditional character. Towards the end of the Qing dynasty, Chinese astronomy had still the official objective to compose calendars and still displayed a strong pragmatical character. True, astronomers among the people did not have the duty of composing calendars, but following the tradition, almost all of them limited their activity to the calculation of celestial positions, which was precisely the basis for the composition of Chinese traditional calendars.

〔This paper was published in *China and the West* (Proceedings of the International Colloquium Brussels, November 23—25, 1987) Brussels: Paleis der Academien, 1993〕

---

① Ruan Yuan. Chou Ren Zhuan(Biographies of Mathematicians and Astronomers). Chapter 49.

《科学史八讲》自序

今年春天我以“大陆杰出人士”身份应邀来台访问，带来八篇讲稿，先后在中央研究院、新竹清华大学和台北圆山天文台做了五次演讲，其余三篇因时间关系未来得及安排。新竹清华大学人文社会科学院院长李亦园先生和历史研究所所长张永堂先生一致建议我，将这些讲稿，无论讲过的或未讲过的，都整理成文，作为“清华文史讲座”丛刊之一，请联经出版公司出版，以便能有更多的读者阅读。

这八篇讲稿可以分为上、下两篇。上篇是科学史总论。第一讲讨论科学史的学科性质、研究方法以及它和一般历史科学的互补关系。第二讲回顾20世纪以来国人研究科学史的情况，着重介绍40年来大陆(特别是中国科学院)的工作，并对未来应该开展的工作提出设想。第三讲概要介绍先秦科学思想。春秋战国是中国学术史上的黄金时代，影响2000多年来中国科学发展的一些基本哲学理论，如阴阳、五行、气等，此一时期均已形成，因此这一讲所讨论的虽然只是一个时期的问题，但这些问题对中国古代科学的发展有全局影响。第四讲以《论语》中所引孔子的言论为根据，通过对孔子思想的系统分析，认为孔子的言行对科学的发展并无妨碍作用，近代科学未能在中国产生和中国近代科学落后的原因要从当时的政治、经济等方面找原因，不能归罪于2000多年前的孔子。

下篇集中讲天文学史。第五讲介绍天文学在中国传统文化中所处的特殊地位以及它和其他领域的相互影响。第六讲概要介绍古代中国的天文成就。第七讲展望未来，对今后的研究工作提出设想。第八讲从《庄子·天运》、《楚辞·天问》一直讲到今日的大爆炸宇宙学，跳出中国范围，从思想史的角度对世界天文学的发展给予概括，并得出几点发人深思的结论。

书中的资料和观点，不全有把握，欢迎读者批评和指正。

这八篇讲稿大部分起草于美国圣地亚哥加州大学，讲演于台湾新竹清华大学等处，修改定稿于澳洲墨尔本大学。没有这些大学的鼓励和资助，我是难以完成这一任务的。这使我想起科学史这门学科的奠基者萨顿(G. Sarton，1884—1956)关于科学史研究的“四项基本思想”(Four fundamental ideas)的论述①。四项基本思想的第一条是统一性(Unity)。他认为自然界是统一的，知识是统一的，人类是统一的。不同种族、不同国籍、不同信仰、不同语言的人，在研究自然现象时所得到的认识的一致性，说明自然界是统一的、知识是统一的。这些人的研究虽然没有组织、没有计划、没有协调，他们在不同的地点或先或后地进行，但总目标的一致性，说明人类的统一性具有根本的实在性，是任何战争所不能消除的。

由于战争关系，海峡两岸人民断绝往来30多年。1981年，当我在日本访问时，忽然间看到了台湾出版的许多科学史书刊，而其论点和我们有惊人的一致性。我遂以十分兴奋的心情，

① D. Stimson ed. *Sarton on the History of Science*.. Harvard University Press，1962. 15—22；刘兵等中译：《科学的历史研究》，1—9页，北京：科学出版社，1990。

写了一篇《台湾省的我国科技史研究》①,并于文末表示希望海峡两岸的科学史工作者能够互相访问,进行直接交流。而今不到十年,这一愿望已经实现。祖国的统一、人类的统一,是大势所趋,人心所向,势不可挡。

最后,我想借此机会对何丙郁先生在百忙中欣然为本书作序表示衷心的感谢。新竹清华大学黄一农教授在本书的编写过程中给我的帮助特大,好几个演讲的题目都是他出的,脱稿后他又花费很多时间进行修改和润色,在此也一并对他表示感谢。

1990 年 9 月 14 日序于墨尔本大学丹青轩

〔《科学史八讲》,台北,联经出版公司,1994〕

① 原文刊于北京《中国科技史料》1982 年第 2 期,98—101 页。

南怀仁对中国科学的贡献

曾经参加过1898年变法维新的著名学者梁启超(1873—1929)说:

> 17世纪有一件非常重要的事,中国学术史上应该大笔特书,那就是欧洲天文、数学的输入。……中国知识界和外国知识界相接触,晋、唐间的佛学为第一次,明、清间的天文、数学便是第二次。中间元代和阿拉伯文化有接触,但影响不大。在这种新环境之下,学术空气当然变换,后此清朝一代学者,对天文、数学都有兴趣,而且最喜欢谈经世致用之学。[1]

据美国宾夕法尼亚大学教授席文(Nathan Sivin)统计,从清朝开国(1644)到王引之(1766—1843)为止,36位著名学者中,有18个人写了72部关于数学和天文学的书,其余的人虽然没有这方面的专著,但在别的书中也常谈到这一方面的问题。席文并且认为,这些著作的影响,不仅仅局限于天文、数学本身,而且改变了中国学术界提问题的方法和解决问题的方法。[2]

在最早把欧洲科学知识传入中国的过程中,起了开路先锋作用的有三个人,即意大利人利玛窦(Matteo Ricci)、德国人汤若望(Johann Adam Schall von Bell)和比利时人南怀仁。为了纪念这3位传教士对中国科学事业所做出的贡献,中华人民共和国于1978年在首都北京重修了他们的坟墓。现在仅就南怀仁的贡献作一概述。由于掌握资料有限,本文很不全面,只能算是一个导言。

一　将欧洲天文学应用于中国历法

16世纪下半叶开始,中国农业和手工业的生产有了显著的发展。这种发展冲击了宋元以来的唯心主义哲学体系,也促进了人们对科学技术的探讨。在这一时期,出现了不少著名的科学著作,例如李时珍的《本草纲目》(1596)、宋应星的《天工开物》(1637)和徐霞客的《游记》(1640)。在天文学方面,历法改革势在必行,因为大统历已沿用200多年,没有经过测验和修订,误差越来越大,预报日食等天象常和实际不符。

就在这个时候,从欧洲来东方传教的耶稣会士们来到中国。他们感到,以介绍科学技术为手段,便易于敲开中国的大门;如能在改历中做出贡献,更能博得中国统治者的欢心,对传教事业大为有利。1605年12月5日利玛窦从北京写回欧洲的一封信里明确地说:

> 如果能有一位天文学家来到中国,我们可以先把天文书籍译成汉文,然后就可以进行历法改革这件大事。做了这件事,我们的名誉可以日益扩大,我们可以更容易进入内地传教,我们可以安稳地住在中国,我们可以享受更大的自由。[3]

在利玛窦等人的请求下，懂得天文学的龙华民(Niccolò Longobardo)、邓玉函(Johann Terrenz Schreck)、罗雅谷(Giacomo Rho)和汤若望等于1620年左右来到中国。经过长期酝酿、激烈争论以后，1629年钦天监预报日食再一次失败，使明朝政府下定决心，采用欧洲天文学的成果来进行历书的编制工作，并任命徐光启(1562—1633)主持其事。在徐光启的领导下，由近百人组成历局，请罗雅谷、汤若望等人编译天文书籍，至崇祯七年(1634)共编书137卷，名曰《崇祯历书》。此书编成后，受到许多守旧派的攻击，争论不休，尚未使用，明朝就灭亡了。

顺治元年(1644)五月清军进入北京建立新王朝以后，摄政王多尔衮命前朝(明)钦天监官员和汤若望将各自推算的次年(1645)历书拿来互相评比。汤若望指出旧法历本7条错误，而监官于新法历本无谬可指，只是说："臣等所学之法，具系前贤所传，不忍舍弃列代成典，改就外国新法。"同年八月朔(1644年9月1日)日食，清廷又遣大学士冯铨，率领钦天监监正戈承科及汤若望等人，各带自己推算的日食图表到天文台测验，结果是西洋新法与天象密合，而大统历差两刻，回回历差四刻。在这种情况下，清廷决定任命汤若望为钦天监监正，用新法推算第二年民用历书，并在封面上印"依西洋新法"五个字。从此以后，清廷对汤若望宠信日加，顺治十五年(1658)授汤若望为光禄大夫，并恩赏其祖宗三代为一品封典。

这种宠信大大地扩大了耶稣会士的影响，但也激化了封建理学家们和耶稣会士的矛盾。1660年6月9日南怀仁应召到达北京，协助汤若望治理历法的时候，恰逢"山雨欲来风满楼"，一场残酷的斗争正在开始。先是1657年钦天监回回科长吴明烜指控汤若望推算该年二、八月水星皆伏不见，而"今水星于二月二十九日仍见东方"。四月十日，清廷命大臣测验，不应。吴明烜复请八月二十日和九月初五再验，届期水星仍不见。于是将吴明烜以诬告罪，判处死刑，缓期执行。

吴明烜的发难，得到了略知历法的安徽人杨光先的响应。杨于顺治十七年十二月初三日(1661年1月3日)向礼部上《正国体呈》，控告汤若望在时宪历封面上印"依西洋新法"是"暗窃正朔之权以予西洋"以及汤若望历法错谬两罪。礼部未予接受。康熙三年(1664)七月杨光先再向礼部上《请诛邪教状》，说：

> 汤若望借历法以藏身金门，窥视朝廷机密，若非内勾外连，图谋不轨，何故立天主堂于京、省要害之地，作妖书以惑天下之人。……伏读《大清律》谋叛、妖书二条，正与若望、祖白等所犯相合，……请依律正法。

杨光先这些危言耸听的话，很容易引起清廷的不安，加以当时辅政大臣鳌拜也和西洋人有矛盾，于是这次告中了。八月初六日(9月25日)清廷会审汤若望及南怀仁等在京教士，此时汤若望已73岁，突然患病，口舌结塞，无法说话。南怀仁在旁为之答辩，但被审判官制止。结果，以杨光先状中所附《选择议》和《摘谬十论》(摘新法十谬)中所列举的汤若望等选择顺治幼子的葬礼日期不对、"万年历"只编了200年等几条现在看来荒唐可笑的罪名，礼部和刑部于康熙四年四月初一日举行联席会议，拟判汤若望凌迟(先割四肢，再砍头)；宣布禁止天主教，在京教士充军，各省教士押解广州，驱逐出境；钦天监中牵连官员7人凌迟，5人斩首。

第二天辅政大臣方欲依议批行，忽然地震，惊散未批。此后余震不断，天空又有彗星出现，迷信的清廷以为这是上天示警，得按照历代惯例，对罪犯减刑。因此，只杀了李祖白等5名钦天监官员，将南怀仁等放出监狱，暂行留京。

汤若望、南怀仁被革职以后，清廷任命杨光先为监正，吴明烜监副。杨光先因自己“但知推步之理，不知推步之法”，五次辞职，未获批准，不得已而就任，并将自己的《请诛邪教状》等汇集成册，命名为《不得已》以刊行。

杨光先等上台以后，先是用大统历，后又改用回回历，但推算结果，仍屡与天象不符。1668年11月，年仅14岁的康熙皇帝毅然决定通过实践来检验这一长期争论的是非问题，许多高级官员被派去作为见证人。先在观象台命南怀仁(此时汤若望已去世)、杨光先、吴明烜预推正午日影长度。南怀仁算出，表高8.49尺，中午日影为16.66尺。杨光先、吴明烜不会推算，却又不肯认输，杨说应该比南怀仁算的多9分，吴说应多6分。到时测量，日影长度恰如南怀仁所推。二十五日将评比地点搬到皇宫午门前进行，南怀仁又拿一高2.2尺的木表，说是日影应长4.345尺。二十六日再到观象台测验，南怀仁又用高8.55尺的表，算得其影长应为15.83尺。三次测验结果，南怀仁预推全对，杨、吴皆错。

康熙皇帝知道了这一结果以后，又下令将吴明烜算的民用历书和七政历书交与南怀仁审查。杨光先气急败坏，乃上疏曰：

> 臣监之历法，乃尧舜相传之法也；皇上所正之位，乃尧舜相传之位也；皇上所承之统，乃尧舜相传之统也。皇上颁行之历，应用尧舜之历。皇上事事皆法尧舜，岂独于历有不然哉![4]

为了慎重起见，清廷又将南怀仁所指吴明烜历书中错误之处，可以立即测验的，派20名官员会同双方当事人于康熙八年(1669)正月到观象台测验，结果是立春和雨水的时刻，月亮、火星和木星的位置，皆与南怀仁推算一致，吴明烜逐款皆错。于是朝廷将杨光先和吴明烜革职，将次年(1670)历书交南怀仁推算，并拟任命南怀仁为监副。南怀仁敬谢不就，改为“治理历法”，待遇同监副，每年给银100两，米25担。从此南怀仁担任这个职务直至去世。

南怀仁主持钦天监以后，著《不得已辨》、《妄占辨》和《妄择辨》等，对杨光先过去的指控一一予以驳斥，同时上书朝廷，提出“杨光先捏词毁人，致李祖白等各官正法”，“诬告汤若望谋叛”，应予法办。这次清廷一翻前案，对已去世的汤若望及被斩的李祖白等5人平反昭雪，并给汤若望筑墓立碑，由皇上派礼部大员主持公祭。对于杨光先则判处死刑，但念其年迈，姑从宽免，令其出京回乡，行至山东德州，病发背部，一命呜呼。

在这一场斗争中，杨光先是从维护封建正统利益出发的排外者。他的所谓汤若望谋反，不过是对耶稣会的误解，害怕天主教发动农民起义而已。他的天文学水平低得可怜。正如《畴人传》的作者阮元所说，在他负责钦天监期间是：“以旧法点窜递更，强天从人，仪器倒用，以致天道勿协。”[5]而他那种“宁可使中夏无好历法，使中夏不可有西洋人”的论点，更成了后人的笑柄。中国新文化运动的主将、伟大的文学家、思想家鲁迅(1881—1936)在《且介亭杂文》中就狠狠地讽刺过他。杨光先并不能代表中国人民。事实上，在当时民间有许多学者，如薛凤祚(1600—1680)、黄宗羲(1610—1695)、王锡阐(1628—1682)和梅文鼎(1633—1721)，他们都在热情地研究新传来的欧洲天文学，并且有所分析，有所发展。叙述他们的工作，已超出本文的范围，这里只得割爱。

二　新制六架天文仪器

南怀仁认为，仪器在历法工作中具有头等的重要性，“历之理，由此得以精；历之法，由此得以密，……故作历者，舍测候之仪，而欲求历之明效大验，蔑由也”。[6]在他主持钦天监工作以后，康熙八年(1669)八月立即着手制造天文仪器。经过四年多努力，于康熙十二年(1673)用铜铸成六件大型天文仪器，安装在北京观象台上(图1)，它们是：测定天体黄道坐标的黄道经纬仪，测定天体赤道坐标的赤道经纬仪，测定天体地平坐标的地平经仪和地平纬仪(又名象限仪)，测定两个天体间角距离的纪限仪和表演天象的天体仪。其中黄道经纬仪和纪限仪为中国过去所未有。

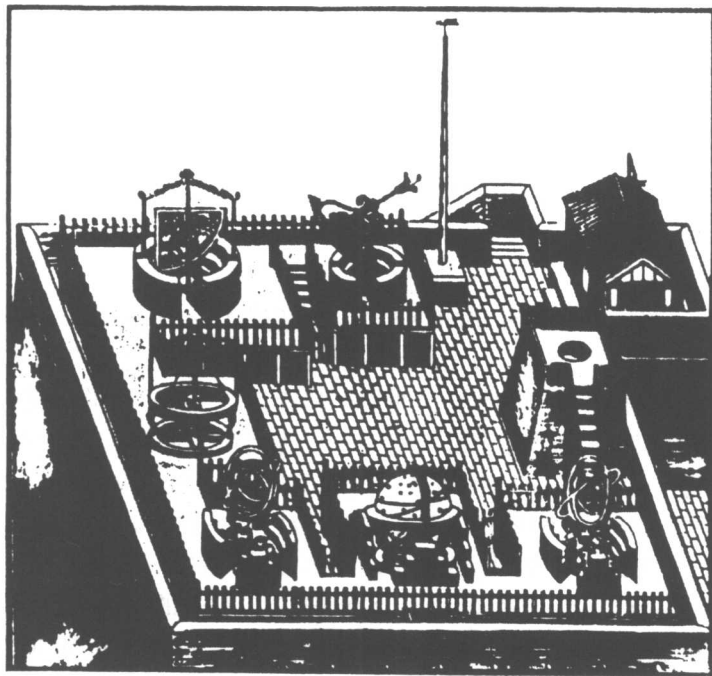



图1　无漆木刻北京古观象台

(南怀仁：《新制仪象图》。北京，1674)

中国古时的黄道铜仪只是在赤道式的浑仪上添加一个黄道圈。当时所谓某宿的黄道距度，就是量度相邻两宿距星赤经 PM1 和 PM2 间的黄道弧长(图2)。这种黄道距度和以黄道为基本大圆，以黄极为基本点所得到的黄经差并不一样；所谓黄道内、外度，也是沿着赤经圈量度的，也不同于现在的黄纬。所以日本学者薮内清把中国古时的黄道坐标值称为“极黄经”和“极黄纬”。[7]南怀仁造的黄道经纬仪测出的则是今日球面天文学意义上的黄经、黄纬。仪器的构造是(图3、图5)：在一个斜交的十字底座(交梁)上，用两条升起的龙托住一个半圆形的云座。云座中央是个孔穴，用来装垂线球。交梁的四脚放在四只狮子身上，它们之间用螺旋固定起来，并且可以校正水平。云座上固定着一个直径为6尺的子午圈。子午圈上直天顶(辛)。从天顶往北下数50度是北极(甲)(就北京地理纬度为40度而言)，从天顶往南下数130度是南极(乙)。通过南北极安装一赤经圈。从南北极起，沿赤经圈，量度23度31分30秒定出两

个黄极(丙、丁)。去黄极 90 度处安一圆圈(己庚),即黄道圈。黄道圈和赤经圈有两个交点,近北极者为夏至点,近南极者为冬至点,所以这个特定的赤经圈也叫过极至圈。过极至圈和黄道圈固定在一起,可以同时旋转。两黄极之间贯串着一黄极轴(丙戊丁)。在黄道圈内有个黄经圈,可以绕黄极轴旋转。在黄极轴的中央(戊)与黄经圈上各设游表数个,用以观测。这些游表早已不存在。据常福元推测,欲测某星的黄经、黄纬,要先在这个星的东面或西面选一颗已知黄经、黄纬的星作为距星,用游表在黄道圈上把它的位置固定下来,再用另一游表来测某星,两星比较,就可以得到该星的黄经。再旋转黄经圈,用游表测某星,则游表所值度分,即该星之黄纬。[8]

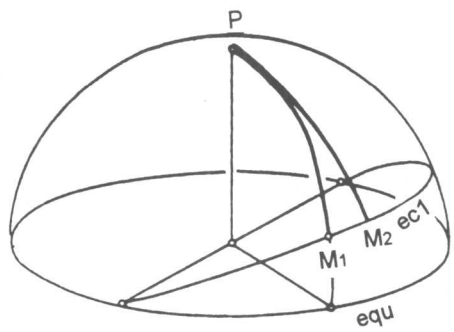



图 2　量度相邻两宿距星赤经 PM1 和 PM2 间的黄道弧长

赤道经纬仪(图 4、图 6)的安装方式和黄道经纬仪一样,但结构比较简单,只有三个圆圈,即赤道圈、赤经圈和子午圈。在子午圈上的南北极之间贯串一根钢轴,并从南极伸出两条象限弧,用以支承赤道圈。赤道圈和子午圈固定在一起。在赤道圈内安装有一可绕极轴转的赤经圈。这个仪器在原理上和中国古时的浑仪一样,所不同的是,观测不用窥管,而用游表。

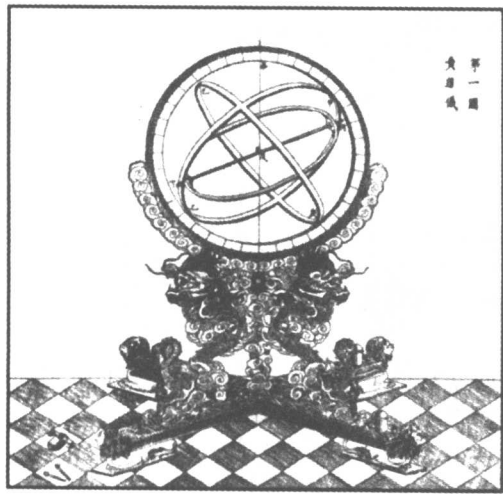



图 3　黄道经纬仪

(南怀仁:《新制仪象图》第一图。北京:1674)

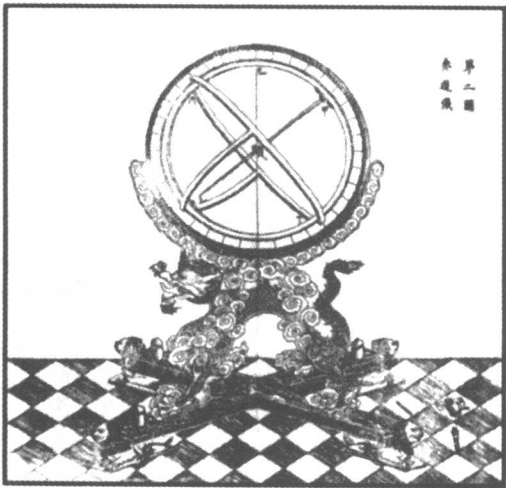



图 4　赤道经纬仪

(南怀仁:《新制仪象图》第二图。北京:1674)

图 5　南怀仁的黄道经纬仪

图 6　南怀仁的赤道经纬仪

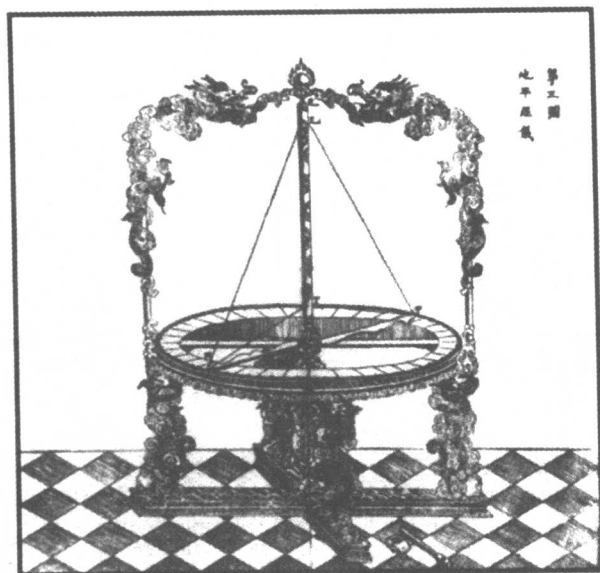



图 7　平经仪

(南怀仁:《新制仪象图》第三图)。北京:1674

图 8　南怀仁的地平经仪

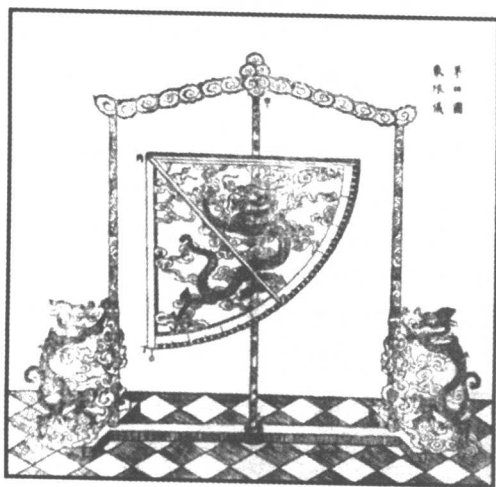



图 9　平纬仪
（南怀仁：《新制仪象图》第四图。北京：1674）

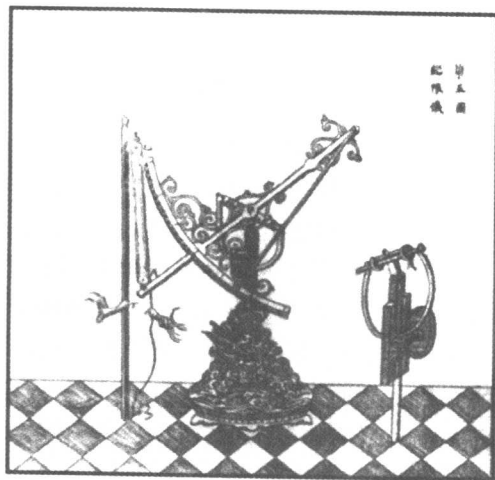



图 10　纪限仪
（南怀仁：《新制仪象图》第五图。北京：1674）

地平经仪（图 7、图 8）只有一个圆圈，即地平圈，直径 6 尺，高 4 尺，用四条升龙和一根立柱托着。又，东、西两条升龙之上各立一柱，亦高 4 尺，柱各一龙，盘旋而上，从柱端各伸一爪，互捧一火球（己），此火球正当天顶。在火球和地平圈中心之间安一根立表。表下设有一个横表（甲丙）。立表的中心是空的，上下各有小柱：上端间有一个小孔，旁边穿两个小孔，连结一条直线，左右分引两条线，斜贯于横表的两端，形成两个直角三角形。凡测一星，则旋转横表，使两线与它重合，就可由横表所指地平圈上的刻度读出它的地平经度。这个方法和元朝郭守敬（1231—1316）所发明的立运仪完全一样，所不同的是立运仪可以同时测出地平经度和地平纬

度，而这个仪器只能得到地平经度，这不能不说是它的缺点。

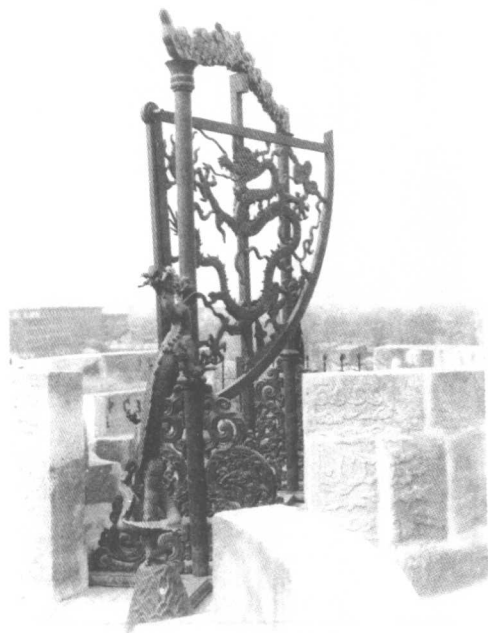



图 11 南怀仁的地平纬仪

图 12 南怀仁的纪限仪

南怀仁用来测定天体的地平纬度或天顶距的仪器是地平纬仪，因为它只具有 1/4 的圆弧，所以也叫象限仪（图 9、图 11）。象限仪的两面各有刻度。里面的刻度，从上往下算，表示天体的地平高度；外面的刻度，从下往上算，表示天体的天顶距。弧的两端都有长 6 尺的半径与圆心相连，在这两个半径和象限弧所形成的平面内，用云龙来装饰。仪器的背面正中立一竖轴（甲乙），长 9.6 尺，可以自由转动。象限仪的主要部分就钉在这个竖轴上。竖轴的下端插在一个双字的底座上，底座两端上树两根立柱，从立柱上端又各向中央平伸一条云柱，竖轴的上端即插在这云柱的中央。在象限弧的两半径相交处，安有一与仪面垂直的小横轴（丙）。小横轴上挂有一与仪面相贴的窥管，长和半径相等。管的下端有个立耳。观测时，先转动仪器，再转动窥管，使由立耳中看去，横轴与星成一直线，则窥管所指的度数，即星的地平高度和天顶距。

除了观测三种坐标位置的仪器外，南怀仁还制造了一个直接测量两个天体间角距离的仪器——纪限仪（图 10、图 12）。它的主要部分是一段 1/6 圆周的弧。从弧中央向左右两方各刻画 30 度。圆弧中央与圆心之间有一根铜杆相连，铜杆架在一根横轴上。这横轴又是一个圆形齿轮的弦。用手摇轮推动齿轮，使横轴可以高低昂仰。齿轮用一圆柱支承。圆柱立在下面的龙座里面，可以任意转动。仪表上还有一个窥管和两个游表。窥管和铜杆在圆心处有一横轴相连。观测时先把仪器转动使象限弧和两星在同一平面上，一人用窥管来测横轴和第一星。令人眼、横轴和星三者在一直线上，另一人用游表测第二星，法亦如之。窥管和游表之间的角度，即两星间的角距离。

除了以上五个观测仪器外，还有一个表演仪器——天体仪（图 13）。它的形态和结构跟中国古代的浑象没有什么区别，所不同的是：(1) 用星体大小表示星等；(2) 有南极附近的星；

(3) 黄道平分为十二宫,其经线相交之处为黄极;(4) 在子午圈上安装时盘,分为二十四小时;(5) 子午圈下安齿弧一象限,和柜内齿轮相衔接,以柄转之,可使北极高度随地理纬度而变动,因而在任何地方都可以应用。

现在我们知道,天体的三种坐标系统是可以相互换算的,只要知道了一个坐标系统的数据,就可以计算出其他两种来;只要知道了两个天体的各自坐标值,两天体间的角距离也可以算出来。因此,只要有一个观测仪器就行,为什么南怀仁要制造五件观测工具呢?这是因为当时的计算工具不发达,换算起来很麻烦,需要用球面天文学;还因为南怀仁认为,多种仪器并用,可以互相比较结果,从而提高精度。他说:"测验天行,仪愈多愈精,而测验乃愈密。""六仪相须并用,则凡碍之于彼者,而有此以通之。"若"制器精良,安置如式,测验得法",则几种仪器的观测结果必然一致,"其有不合者,则即推其所以不合之端何在,而为厘正之。使厘正之后,复为参差,则于诸仪中所测之同者而用之。如此而不密合天行者,未之有也。使只据一仪以求尽乎天,何可信其为必然也哉!"[9]

南怀仁的想法很正确。利用南怀仁经手造的这些仪器,中国天文学家们进行了200多年的观测工作,其中包括两次星表的编制,即以1744年(乾隆九年)为历元的《仪象考成》星表(包括3 083颗星的黄道坐标和赤道坐标)和以1844年(道光二十四年)为历元的《仪象考成续编》星表(包括3 240颗星)。这两部星表承上启下,是今天仍在沿用的恒星汉文名称的主要依据。

三　一些物理知识的介绍

在制成了六件天文仪器以后,南怀仁于1674年又编写了一部大书:《灵台仪象志》,又名《新制灵台仪象志》或《仪象志》。全书共十六卷,前十四卷为文字表述,后两卷为图解。前十四卷有康熙年间刊本传世,后两卷极为罕见,虽然在《古今图书集成·历法典》第九十三至九十五卷中印了全部117幅图,但有时把一幅整图印在两面上,降低了原图的质量。据克劳斯(H. P. Kraus)的 *Important Works in the Field of Science*(《科学领域的重要著作》)目录第137号记载,此书在美国哥伦比亚大学东亚图书馆(Columbia University East Asian Library),英国伦敦大学东方学院(School of Oriental and African Studies)、巴黎国立图书馆(Bibliothèque Nationale)和比利时皇家天文台(Royal Observatory)各有一部,但都只有106幅图。作者在北京图书馆善本阅览室看到有分四册精印的117幅全图,前面有南怀仁写的序文,并有许多中国著名学者借阅以后的签名和评阅(图14):

(1) 李光地(1642—1718):"丁未①岁余从勋卿(即南怀仁)处索赠此册。余夙重勋卿测算之学,乃绘事之精妙又如此,从事斯术者,览是能省许多苦思也。"

(2) 梅文鼎(1633—1721)借阅五十日,并题"是书以新意贯古法,至明且当,时方奉命校正《律吕全书》,丐禹君摹一副本,都五十日始归之"。

(3) 阎若璩(1636—1704)校。

(4) 朱彝尊(1629—1709)和王锡阐(1628—1682)同观。

(5) 李钟伦(1663—1706)校刊。

欧洲学者也认为"这部书是中国和欧洲印书中最伟大的杰作之一,天文技术的基础著作之

① 这份文献年代可能有误,丁未(1667)可能是丁巳(1677)之误,南怀仁写的"大清康熙甲辰"(1664)可能是甲寅(1674)之误。——作者

一”,“惟一能够与之媲美的,就是差不多和它同时出版的图册中刊印的关于第谷天堡(Tycho Brahe’s Uraniborg)天文台的建筑和仪器群,但是必须承认,在质量上和数量上,中国的木刻都远远地超过了它。此书不但展示了仪器本身,还以惊人的细致描述了它们的制造过程,以及用以制造这些仪器的工具,还有校直和调整仪器平面和曲面的方法,用以校正和对准仪器的齿轮和螺旋的细节、建筑工具和用于建造仪器装置和天文台本身的步骤。还有一些其他的插图是:航海仪器,如罗盘和直角照准仪的应用;天文原理;机械能,如斜面、杠杆、螺旋和滑轮等”。[H. P. Kraus, n. d. *Important Works in the Field of Science*. Catalogue No. 137(New York), p. 47 —48]

除了克劳斯所指出的这些特点之外,我们还可以从《灵台仪象志》中发现,它记载的一些仪器和物理学知识,在当时欧洲来说,也还是比较新的:

1. 单摆,南怀仁把它叫做垂线球仪。他说:“垂线球何昉乎? 盖近今数十年以来远西之历学名家,特创新意而曲尽其测验之法者也。”这里所说的“远西历学名家”即伽利略(Galileo Galilei,1564—1642),而《灵台仪象志》卷四中的有关叙述,亦取材于伽利略1636年的 *Dialogues Concerning Two New Sciences*(《关于两门新科学的对话》)。在这里,南怀仁叙述了单摆

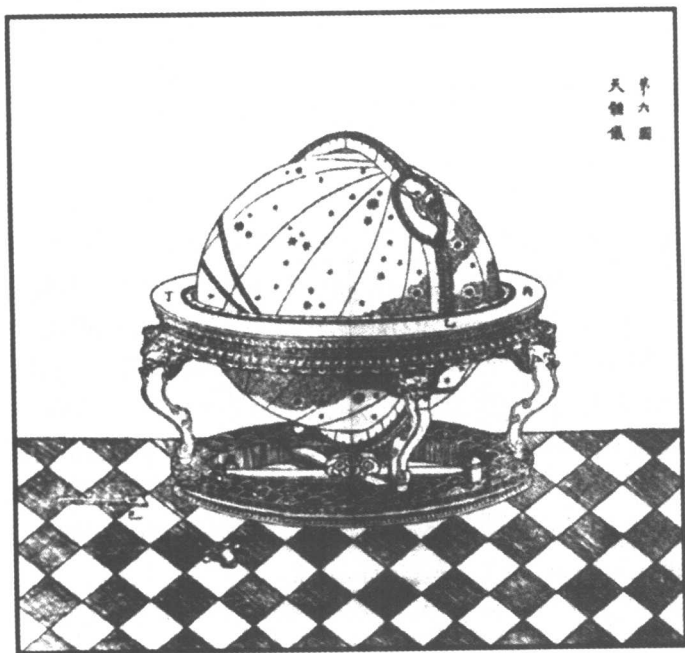



图13 天体仪

(南怀仁:《新制仪象图》第六图。北京:1674)

的两条基本原理。一是摆的等时性:“凡垂球一来一往之单行,其相应之时刻分秒皆相等;又凡垂球往来之双行,其相应之时刻分秒亦相等。”二是摆长与振动周期的平方成正比,与振动次数的平方成反比。即:

$$l_1 : l_2 = T_1^2 : T_2^2 = n_2^2 : n_1^2$$

并举例如下,甲球之垂线长1尺,乙球之垂线长2尺,则甲球往来85次之时,乙球往来60次。按此即:

$$1:2=N_2^2:85,\quad N_2=(1/\sqrt{2})\times 85=60.8$$

2．自由落体运动。南怀仁在讨论垂线球时，还谈到“凡重物陨坠所行之丈尺，并求其所需时刻分秒，有再加之比例”，即：

$$S=1/2\ gt^2 \text{ 和 } S_1:S_2=t_1^2:t_2^2$$

他又说：“其比例以不平分之数而明之，如一、三、五、七、九、十一等。”这就是说，如第 1 秒内行 1 尺，则第 2 秒钟内行 $2^2-1=3$ 尺，第 3 秒钟内行 $3^2-(1+3)=5$ 尺，等等。这种叙述方法和伽利略 *Dialogues Concerning Two New Sciences* 第三天内定理二命题二推论二中所说完全相符，即连续的每秒钟内所通过的路程的比等于连续奇数的比。[10]

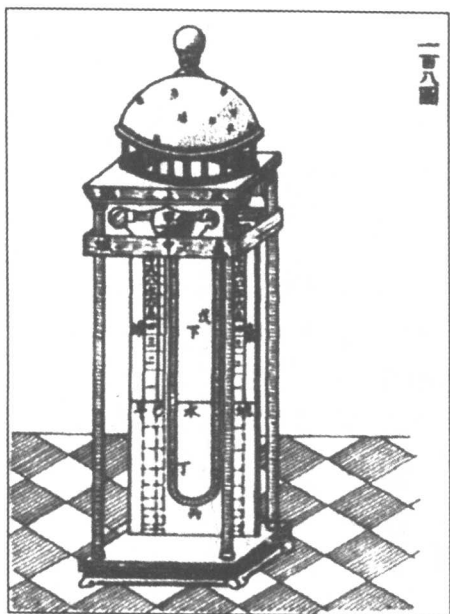
图 14　南怀仁：《新制仪象图》序

（北京：1674）

3．温度计。我们依靠触觉来衡量冷热是不够的，必须用温度计来测量温度。南怀仁在《灵台仪象志》卷四里说：“如有外热攻伐吾身，而身内之本热与之相等，则触司必不之觉也。惟外来之热有过或不及吾身之热，而人之司触方能辨其热之强弱也。故仁特造一器，而借视司（即五视之最灵者）以补足触司之所不及者。”南怀仁所造的温度计属于空气温度计。[11]如图 15 所示，甲为一充有气和水的球，并与甲乙丁丙戊管相连。当甲球被加热时，则球内的气体膨胀，势必逼左管之水从水平乙而下至丁，右管之水从地平而升至戊，若甲球遇冷，则过程相反，于是量戊乙时间的刻度，便知其温度。

4．湿度计。南怀仁认为：“欲察天气燥湿之变，而万物中惟鸟兽之筋皮显而易见。”故他用新的鹿筋做了一个湿度计，见图 16。鹿筋长 2 尺，用一重物（丙）坠之。以通气之明架空中横放之，上截架内紧夹之，下截以长表（丁乙戊）穿之，表之下安地平盘。令表中心即筋弦垂线正对地平盘中心。表以龙鱼之形为饰。盘面上界分左右，各划宽窄不等的十格，为燥湿之数，左

为燥，右为湿。每格宽窄不同，是因为空气收敛其筋弦有松紧之分。空气中湿度的变化，引起鹿筋的松紧变化，而筋弦的松紧又使龙表左右转动，向左转表示空气干燥，向右转表示空气潮湿。据王冰研究，南怀仁造的这种湿度计属于长弦线吸湿性扭转式湿度计，比莫利纽克斯(William Molyneux ,1656—1698)在 1686 年的著作中所描述的要早 12 年。[12]

图 15　空气温度计

(南怀仁:《新制仪象图》第一〇八图。北京:1674)

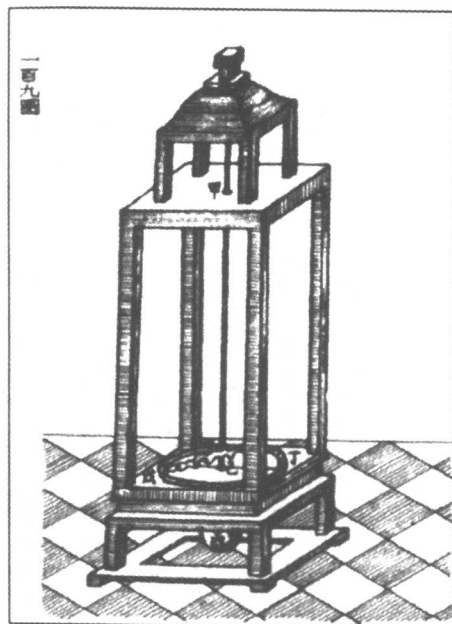



图 16　湿度计

(南怀仁:《新制仪象图》第一〇九图。北京:1674)

四　其他的重要著作和贡献

除了《灵台仪象志》外，在天文学方面，南怀仁的著作还有《康熙永年表》(1678)和《九十度表》(1682)。日本的稻叶君山曾把《康熙永年表》和后来在康熙皇帝主持下绘制的《皇舆全览图》誉为康熙时期的文化双璧。《康熙永年表》由日躔、月离、交食和五大行星共八部分组成，每部分又分四卷。每一部分的开头先作一简要说明，然后列出 2 000 年的数据表。有了这些表格，编制每年的民用历书和计算日月食就很省事了。《九十度表》是专为盛京(今沈阳，$\varphi = 42°$)地方计算日食而编制的，它列出黄道圈离它与地平圈的交点 90 度处的天顶距和子午线的距离，所以也叫《交食历书》。

南怀仁的天文工作，不仅是做了仪器写了书，更重要的是以他的行动影响了康熙皇帝的一生。在中国历史上的皇帝中，康熙皇帝是最喜欢自然科学的。康熙皇帝对他的大臣们说：

> 尔等惟知朕算术之精，却不知朕学算之故。朕幼时，钦天监汉官与西洋人不睦，互相参劾，几致大辟。杨光先、南怀仁于午门外九卿当面睹测日影，奈九卿中无一人知其法者。朕思己不知焉能断人之是非，因自愤而学焉。[13]

他拜南怀仁为师，向他学习天文、数学和力学。南怀仁于康熙二十一年(1682)写回欧洲的信中说，凡擅长光学、力学等物质科学的耶稣会士，中国无不欢迎，康熙皇帝给予他的优厚待遇，是诸侯们也得不到的，他们常住在宫中，经常能和皇帝见面交谈。[14]在这些教师中有徐日昇(Tomas Pereira)和张诚(Jean Francois Gerbillon)、白晋(Joachim Bouvet)。徐日昇在康熙皇帝身边36年，至死为止；他和白晋曾随索额图到中俄边界参加谈判，签订尼布楚条约，为中国收回领土500平方千米。

1673年，吴三桂之乱发生，康熙皇帝命南怀仁造炮。一年之内，造炮350门。一次在卢沟桥试炮，康熙皇帝亲临观看。由于大炮的命中率极高，康熙皇帝高兴得把自己的貂袍脱下，披在南怀仁身上，并加他为工部右侍郎衔。南怀仁又将造炮技术编写了一本书，名为《神威图说》，于1682年刊印。

在地理学方面，南怀仁绘有《坤舆全图》，著有《坤舆图说》(1674)和《坤舆外纪》，并有答康熙皇帝问的《西方要纪》(1669)。《坤舆图说》传到日本以后，直到明治维新(1868)以前，被日本人奉为传授世界地理知识的名著。

南怀仁对中国科学的贡献是多方面的，这里不再一一列举。现在谈谈他的一项非常重要的试验，作为本文的结束。

1939年美国人维因(Leroy L. Thwing)在麻省理工学院的 *Technology Review*(《技术评论》)上发表 *Automobile Ancestry*(《汽车之始祖》)一文，认为南怀仁在北京曾经做过利用蒸汽推动车和船的实验。他的根据是南怀仁于1687年在 *Astronomia Europaea*(《欧洲天文学》)上发表的一篇文章(原稿写于1681年)。维因将南怀仁的文章由拉丁文译成英文，1943年刘仙洲又从英文译成汉文，全文如下：

> 三年以前，当余试验蒸汽之力时，曾用轻木制成一四轮小车，长二尺，且极易转动。在车之中部，设一火炉，炉内满装已燃烧之煤，炉上则置一汽锅，在后轮①之轴上，固定一青铜制之齿轮。其齿横出，与轴平行，此齿轮与另一立轴上之小齿相衔。故当立轴转动时，车即被推而前进。
>
> 在立轴之上，别装一直径一尺之大轮，轮之全周装置若干叶片，向周围伸出。当蒸汽在较高压力之下，由汽锅经一小管向外急剧喷射时，冲击于轮叶之上，使轮及轴迅速旋转，结果车遂前进。在相当高速度之下，计可行一小时以上——以汽锅内能发蒸汽之时间为准。
>
> 当试验时，为防止此车直行过远，在后轴之中间，装置一杆(或称之曰舵)，可任意变换方向。舵柄分成X形②。在X部之间，另装一杆，并在杆上另装置一直径较大且极易于转动之手轮。当拟使之向一边转动时，无论偏右或偏左，则转此手轮，使至适当之地位。并用一螺旋将舵管定于应在之倾斜位置。用此种转向装置，可使此车沿一圆周驶行，且按照使舵倾斜之程度，可得到所行曲线之曲率变大变小之结果，因以适应试验地点之广狭。
>
> 此机之试验，表明一种动力之原理，使余得随意应用于任何形式之转动机械。例如一小船，可由汽锅中蒸汽之力使在水面环行不已。余曾制成一具献赠皇帝之长兄。汽轮之本身置于船腹之中，只有蒸汽由汽锅外出之声音可以听得，与实际之风声或水在船边之冲

---

① “后轮”，据谢尔《北京的先驱者》(第261页)作 front axle，为前轴，——汉文编者。

② “X形”，据谢尔《北京的先驱者》(第263页)作 forked end，为叉状。——汉文编者。

激声相类似。其次,余曾在汽锅之上另焊一小管,分一小部分蒸汽,使由此逃出,并使小管之外端如一笛之吹口,结果当蒸汽外逃时,所发之音一似夜莺之啼声。又曾用一具于钟楼,以为时钟运转之原动力。

总之,此种动力之原理既已成立,则任何其他有利益及兴趣之应用,均不难思索而得也。[15]

刘仙洲注意到,在这里南怀仁说是"试验",而不是"发明",他可能已经知道意大利人布兰卡(Giovanni Branca,1571—1640)于1629年所发明的冲动式汽轮。布兰卡出版有 *La Macchina*(《机械学》)一书。虽然如此,但南怀仁能将一个类似玩具式的发明,应用于推动车和船,且增加转向机制,并作广泛应用的建议,不能不说是一件具有历史意义的创举。在用蒸汽作动力方面,南怀仁的实验比瓦特(James Watt,1736—1819)制成往复式蒸汽机早115年,比西明顿(Symington)将蒸汽机应用于轮船早123年,比司蒂芬孙(George Stephensen,1781—1848)用于火车早150年,比布尔(Amédée Bollée)用于汽车早200年。在用蒸汽涡轮机方面,南怀仁的实验比帕森斯(Charles Algernon Parsons,1854—1931)用于轮船早218年,比扬斯顿(Ljungstom)用于火车早243年。所以南怀仁不仅在中国科学史上有其地位,在世界蒸汽机史上也应大书一笔。

参 考 文 献

[1] 梁启超.中国近三百年学术史.上海:中华书局1936,8—9.

[2] Nathan Sivin. Wang Hsi-shan. *Dictionary of Scientific Biography*. 1976(14):159—166

[3] Matteo Ricci. *Opere Storiche*. Tacchi Venturi, ed. (Macerata, 1910—1913)(2):284—285; Henri Bernard-Maitre. *Matteo Ricci's Scientific Contribution to China*. E. C. Werner 译. Beijing: 1935. 56

[4] 黄伯禄.正教奉褒.上海慈母堂,1930.

[5] 阮元:《畴人传·南怀仁》,45卷,590页.上海:商务印书馆1935.

[6] 南怀仁:《灵台仪象志·序》.北京:1674。

[7] 薮内清.中国の天文历法.东京:平凡社,1969.56

[8] 常福元.天文仪器志略.北京:京华印书局,1930.

[9] 《灵台仪象志》第1卷。

[10] 严敦杰.伽利略的工作早期在中国的传播.科学史集刊.1964(7):8—27

[11] 王冰.南怀仁介绍的温度计和湿度计试析.自然科学史研究.1986,5(1):76—83

[12] 同上。

[13] 汪茂和.康熙皇帝与自然科学.南开学报.1980(3):59—67

[14] 汪茂和.康熙皇帝与自然科学.前引刊.

[15] Leroy L. Thwing. Automobile Ancestry. *Technology Review*,. 1934, 41(4):169—170; 刘仙洲.中国在热机历史上之地位.东方杂志.1943,39(18).

〔原收入魏若望编:《传教士·科学家·工程师·外交家南怀仁(1623~1688)》,1988年比利时国际学术研讨会论文集中译本,北京,社会科学文献出版社,2001;原版为英文,1994年德国Sfeyler Verlag版〕

A Comparative Study of Acoustics and Astronomy in Babylonia and in China Prior to and During the Time of Marquis Yi Set-Bells *

1 Introduction

In 1599, when Matthaeus Ricci (1552—1610) attended his first ceremony at a Confucian temple in Nanking 南京, the well known "classic music" was not yet in existence. In fact, great musicians such as Antonio Vivaldi (1675—1741) and John Sebastian Bach (1685—1750) had not yet born. The primary musical experience of Ricci was from the Gregorian Chant church music. Ricci was astonished with the timber variety in the music that accompanied the ceremony at the temple. ② At that time, even though there were characteristic differences in music between China and Europe, the level of achievement in acoustics was not much different. It was at this time when one witnessed the derivation of an exact mathematical solution for the equal-ratio chromatic scale (well-tempered scale) by Zhu Zaiyu 朱载堉 (1536—1611). The work was published in 1584, just 15 years before Ricci attended his first ceremony at a Confucian temple in Nanking 南京. ③

As crosscurrents of science and technology between the east and west were accelerated by the increasing contact of Western missionaries in China, the question of the origin of a number of scientific and technological developments became an issue. When Jean Joseph-Marie Amiot (1718—1793) published his *Mémorie sur la Musique des Chinis tant anciens que modernes* in 1780, approximately two centuries after the arrival of Ricci in China, the difference between China and Europe in the rate of progress in science and technology, as well as in music, was startling. There was little significant progress made in China, but in Europe the progress was accelerating exponentially. The movement of "classic music", initiated by fundamental works such as Bach's *Well-Tempered Clavichord*, had already reached one of its finest stages as Wolfgang Amedeus

---

* This paper was written in cooperation with Joseph C. Y. Chen and Jao Tsung-i.

② See Pasquale M. D'Ella, vol. Ⅱ, p. 70.

③ For a recent discussion of the publication date of the original work, see Dai Nianzu 戴念祖, p. 91 - 97. See also the discussion by Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 214 - 228.

Mozart (1756—1791) brought into the world his immortal musical compositions. The claim of Amiot that

> *l'Heptachorde des Grecs anciens, la lyre de Pythagore, son inversion des tétrachordes diatoniques, et la formation de son grand système, sont autant de larcins faits aux Chinois du premier âge.*

commanded little attention. Amiot was probably the only Jesuit who took an opposite view from the majority and maintained that the flow of acoustic knowledge was not from the west to the east, but the reverse.

By the 19th century, China's prestige abroad had further declined and music in Europe continued to make remarkable advances under the leadership of great composers such as Ludwig van Beethoven (1770—1827) and Johannes Brahms (1833—1897). It was not unexpected that, in the public's opinion, Chinese music should be stereotyped as monotonic, pentatonic and lacking semitones. What was unexpected was the appearance of such stereotyping in the scholarly work of influential sinologists, such as E. Chavannes. In his *Les Mémoires Historiques de Se-Ma Ts' ien*, Chavannes made the remark "le caractère tapageur et monotone de leur musique est d'ailleurs bien connu"① about the Chinese and their music. He not only held the view that knowledge of the acoustic system in China came from Greece, but he also claimed that it was brought to China during Alexander's expedition. This would place the time of transmission at a period corresponding to the latter part of the Warring States period in Chinese civilization. In order to accept such a claim, one must ignore a number of known historical facts and yet, according to Needham and Robinson, ② Chavannes' claims "have been accepted for the last fifty years".

A recent major work on the history of acoustics in ancient China is that of Needham and Robinson which appears in the monumental series entitled *Science and Civilisation in China*. Referring to the works of Amiot and Chavannes, they made the following comments:

> Chavannes' hypothesis must be dismissed not merely because the Chinese were tuning sets of twelve bells in the same century as that which is said to have seen the lifetime of Pythagoras, and in any case long before any possible influences of Alexander's expedition could have brought the Greek formula into the Chinese literature; but also because the Chinese gamut is in its structure essentially unlike the Pythagorean scale. ②
>
> Yet Amiot's notion that a transmission took place in the other direction at such an early date can no longer be taken seriously either. ②

In the view of Needham and Robinson, the knowledge of harmonic ratios originated neither from ancient China nor from ancient Greece; instead, they postulated that it originated from ancient Babylonia, and from there, the knowledge of harmonic ratios for musical intervals was transmitted westward to the Greek civilization and eastward to the Chinese civilization. The relevant passage is reproduced below:

> The simplest alternative hypothesis for which good reason can be found is that there

---

① E. Chavannes, vol. 3, p. 642.

② Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 177.

radiated east and west from Babylonia the germ of an acoustic discovery which was developed in one way by the Greeks and in another by the Chinese; namely, that the pitch of notes emitted by strings when plucked is in part determined by their length. ①

Although they stressed that "a Babylonian origin for these discoveries is hypothetical, of Babylonian music [they] know very little", they nevertheless presented a number of arguments to support their hypothesis.

The hypothesis of the westward transmission of musical ratios from Babylonia to Greece probably has certain historicities, since, long before the capture of Babylon by Alexander, the story of Pythagoras' eastward Journey had already been noted by Greek authors such as Aristotle. ② Later authors, such as Iamblichus (c. +3rd century), went so far as to say that knowledge of harmonic ratios was brought back to Greece by Pythagoras from his eastward travels. ③ Thus, the hypothesis of the westward transmission from Babylonia to Greece, postulated by Needham and Robinson, is not incompatible with historical records found in Greek civilization.

The hypothesis of the eastward transmission of musical ratios from Babylonia to China, on the other hand, requires further assessment. In their arguments to support their hypothesis, Needham and Robinson made not only doubtful interpretations of the Chinese records but also fundamental mistakes on the Chinese interpretation of the octave and methods of generating musical scales. ④ Additional reasons for a further assessment of the eastward-transmission hypothesis come from the recent archaeological discoveries that provide indisputable evidence of early Chinese work in acoustics.

Among the recent archaeological discoveries, the most important is undoubtedly the two-tone set-bells of the Marquis Yi 乙 of the Zeng 曾 State. This discovery had a major impact on the history of acoustics. It revealed that by the −5th century, approximately 64 years after the death of Pythagoras (c. −570 to c. −497), chromatic scales had already been developed, and scales extending over a range of more than 5 octaves are found encased in the 19 *niu-zhong* 钮钟 and 36 *yong-zhong* 甬钟 of Marquis-Yi set-bells. ⑤This archaeological find not only dismisses outright the claim of Chavannes that the acoustic system in ancient China was brought to China from Greece during Alexander's expedition, but it also seriously challenges the traditional claim on the priority of Pythagoras' discovery of harmonic ratios of musical intervals. ⑥

However, there are those scholars who view the evidence provided by the Marquis Yi

---

① Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 177.

② Aristotle. *Metaphysics* I. 1.

③ Iamblichus, *Introductio Nicomachi Arithmetic* (Tennulius' ed).

④ Cheng-Yih Chen (4)程贞一, 1987. See also Chen Cheng-Yih 程贞一, Sec. Ⅲ.C.2, p. 175−189, and Sec. Ⅲ.E, p. 199−204 of the present book.

⑤ Based on the date in the inscriptions on the bo-zhong 镈钟, a gift from King Chu 楚, Marquis Yi 乙 died around −433.

⑥ This traditional claim is also widely accepted in scientific communities, see for example, *The Feynman Lectures on Physics* (Addison-Wesley Publishing, 1963), vol. I, p. 50−1 to 50−4.

set-bells as having further enhanced the Needham-Robinson hypothesis that acoustic systems in ancient China originated in Babylonia. McClain, in support of such a view, provided the following argument:

> All of the tonal-calendrical associations in China and Greece can be traced to one "Just" harmonic matrix implicit in the ancient Babylonian multiplication table and alluded to in the mythology of Enuma Elish, the Babylonian creation myth, at least fourteen centuries before the Zeng [曾] bells were cast. Only when the musical octave ratio 2:1 is expanded to 720:360—that is, to a cycle of 360 units—are there sufficient integers at the appropriate ratios to define a twelve-tone scale in a way which satisfied the ancient affection for perfect symmetry, a dominant notion in art, science, and political theory. ①

This argument is based, however, on a subjective interpretation of the relation between the twelve-tone scale and the cycle of 360 units and on the claim that the tonal-calendrical association in China and Greece both originated in Babylonia.

Associated with the hypothesis of a Babylonian influence on Chinese work in acoustics is also the claim of a Babylonian origin of astronomy in the Chinese civilization. Needham has postulated that the equatorial characteristics of astronomy in ancient China originated from ancient Babylonia.

In this paper, we examine the hypothesis of the Babylonian origin of acoustics and astronomy in China by comparing Babylonian and Chinese works prior to and during the time of the Marquis Yi set-bells. ②

2 A Comparison of Works in Acoustics

2.1 Early Acoustics in Ancient Babylonia

Other than the epigraphical evidence of lyres found in the Sumerian and Babylonian tablets, very little information on early Babylonian work in acoustics has come down to us. Among the unearthed musical artifacts, there are, for example, remains of a long necked string instrument and flutes that date to the −3rd millennium. ③ Based on the extant records on odes, scholars are of the view that music was commonly used in Babylonian ceremonies. ④ Needham and Robinson also acknowledged that they know very little about Babylonian music. They support their view of a Babylonian origin by arguments that there is evidence indicating that both Greek and Chinese tra-

---

① Emest G. McClain, (1985) p. 165.

② The comparison on acoustics is based in part on Chen's lecture, the Sixth Annual EAHSF Lecture sponsored by the East Asian History of Science Foundation and the University of Hong Kong (October, 1988), see Cheng-Yih Chen (7)程贞一.

③ See S. N. Kramer (1957).

④ See Claude Frissard (1954).

ditions gave credit for the origin of the acoustic system to a foreign country, and that the acoustic knowledge was not properly understood by either the Greeks or the Chinese, thus supporting the view of a foreign transmission.

However, in their arguments, Needham and Robinson have implicitly assumed that by the time corresponding to the *Kao Gong ji*《考工记》(*The Artificers' Record*), the Babylonians had already in their possession the explicit knowledge of all the musical ratios for the natural (just) intonation. The assumption of this knowledge is found in the Needham-Robinson claim of a misapplication of harmonic laws by the Chinese in their bronze formulas as recorded in the *Kao Gong Ji*:

六分其金而锡居一,谓之钟鼎之齐。
五分其金而锡居一,谓之斧斤之齐。
四分其金而锡居一,谓之戈戟之齐。
叁分其金而锡居一,谓之大刃之齐。
五分其金而锡居二,谓之削杀矢之齐。
金锡半,谓之鉴燧之齐。

"Six portions of *jin* 金 with one portion of tin"is the bronze *ji* 齐 (formula) ① for bells. "Five portions of *jin* with one portion of tin" is the bronze formula for axes. "Four portions of *jin* with one portion of tin"is the bronze formula for spears. "Three portions of *jin* with one portion of tin "is the bronze formula for swords. "Five portions of jin with two portions of tin" is the bronze formula for arrows. "Jin and tin each half" is the bronze formula for metal mirrors.

This set of formulas describes systematically the proportions of tin and copper metals that make up a series of bronze alloys appropriate for making different objects. Based on the interpretation of the character "*jin*" 金, these formulas could yield two possible sets of values for the proportions of copper content.

Needham and Robinson took the character "*jin*" to mean bronze and obtained for the proportion of copper content the ratios 5/6, 4/5, 3/4, 2/3, 3/5, and 1/2. ② These ratios correspond exactly to the intervals minor third, major third, perfect fourth, perfect fifth, major sixth and octave in the natural (just) intonation. The appearance of these musical ratios in the bronze formulas has been interpreted by Needham and Robinson to be a case of misapplication of harmonic laws by the ancient Chinese foundry workers. This is, however, a highly speculative interpretation. If these ratios in the bronze formulas were indeed adopted from harmonic laws as claimed by Needham and Robinson, a logical question to ask is why these ratios were not used to cast bronze bells with strike notes corresponding to such intervals instead of casting different bronze objects, most of them having no relation to sound production?

As mentioned earlier, this interpretation assumes, in addition, that when these formulas first appeared in China, the Babylonians already had possession of the knowledge of all the ratios of

---

① Character *ji* 齐 is an ancient form of the character *ji* 剂, which means formula or prescription.

② Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 180.

natural (just) intervals. Based on Needham's estimation, "the passage [from the *Kao Gong ji*] cannot be later than the −3rd century and may be a great deal earlier". Recent studies based on unearthed artifacts indicate that the passage probably appeared in the −5th century or earlier. ① This implies that if this knowledge were indeed transmitted from Babylonia to China, it would have taken place earlier than the −3rd century. But there is no evidence indicating that the Babylonians knew all the appropriate ratios for the natural intervals at that time. On the other hand, evidence of a Chinese possession of the knowledge in the −5th century is afforded by the method of generating chromatic scales in the natural intonation as revealed by the Marquis Yi set-bells. ②

It should also be emphasized that there is a strong possibility that the interpretation of the character "*jin*" 金 as bronze is not correct. Although the character "*jin*" is a general term for metal, copper with high purity was also called *jin*, in ancient times. If the character "*jin*" in the formulas is taken to mean copper metal, a different set of ratios—6/7, 5/6, 4/5, 3/4, 5/7, and 1/2—for copper content would then be obtained and, in this case, not all the ratios have a match with intervals in the natural intonation. Recent studies based on the unearthed set-bells of Marquis Yi reveal that the tin content in the bronze of these −5th century bells is, on the average, 13.75%, indicating that the interpretation of *jīn* as copper is probably correct. ③

Based on the interpretation of *jīn* as copper, the bronze formula for bells of the *Kao Gong ji* yields ratios 6/7 and 1/7 for the content of copper and tin, respectively. Obviously, the ratio 6/7for copper content does not correspond to any intervallic ratios of natural intonation. This makes the interpretation that the bronze formulas were the result of a misapplication of harmonic laws highly improper, independent of the question whether the Babylonians knew the appropriate ratios of the natural (just) intervals.

In the absence of adequate information, we are not in a position to evaluate the Babylonian achievements in acoustics. Certain indications on Babylonian work may be gained from the early Greek accounts of acoustics if indeed there existed a relationship in acoustic works between the two civilizations during this early period. Among the early Greek accounts, the most important is perhaps the following passage ascribed to Philolaus: ④

> The content of the octave is the major fourth and the major fifth, the fifth is greater than the fourth by a whole tone; for from the highest string to the middle is the fourth, and from the middle to the lowest string is a fifth. Between the middle and third string is a tone. The major fourth has a ratio 4∶3, the fifth 3∶2, and the octave 2∶1. Thus the octave consists of the five whole tones and two hemitones, the

---

① Recent archaeological evidence indicates that these formulas appeared no later than the −5th century and probably a great deal earlier. See Wen Renjun 闻人军 (1984).

② Cheng-Yih Chen(4)程贞一(1987). See also Chen Cheng-Yih 程贞一, Sec. Ⅲ.D, p. 189−199 of the present book.

③ See Ye Xuexian 叶学贤, et al. (1981).

④ See frag. 6 (Philolaus) in the *Die Fragmente der Vorsokratiker*, ed. by Hermann Diels (1st ed.,1903).

fifth consists of two tones and a hemitone. ①

This passage reveals that the notes in a lyre string instrument were arranged in a heptatonic intonation with an octave divided into five whole tones and two semitones.

Perhaps more significant were the early Greek recounts of Pythagoras' discovery, since they contained what Needham and Robinson called "misapplications of harmonic laws". A summary of Needham and Robinson's recounts is reproduced below:

> Pythagoras, passing by a forge, heard the hammers ringing out to form the intervals of the octave, fifth, and fourth. After inspecting them, he realised that this was due to the different weight of the heads of the hammers, which produced different notes according to their mass. He therefore made four similar weights the basis of his experiments, but no matter what he tested, strings by tension, vases by striking, flutes or monochords by measurement for length, he always found that the numbers 6, 8, 9, 12 formed the proportions of the consonances, 6:12 the octave, 8:12 the fifth, 9:12 the fourth. ②

Such a description of Pythagoras' discovery can be found in the work of Nicomachus of Gerasa (fl. + 100), ③ as well as the works of a number of later Greek authors such as Iamblichus, and Boethius. ④ However, the claim that the consonances in the forge were produced by the proportionate weights of the hammer heads was indeed incorrect, indicating a lack of a correct understanding of musical ratios as alluded by Needham and Robinson. If the work of Boethius (b. +480, d. +524) was representative of the Greek work in the +5th century, acoustics in the ancient Greece did not progress much from the −4th century work of Philolaus.

2.2 Early Acoustics in Ancient China

2.2.1 The Pre-Shang 商 Period

The early acoustic information in Chinese civilization came also primarily from ancient musical instruments. The earliest extant musical instruments can be traced to the *gu-shao* 骨哨 (bone whistle) of c. −6 000 of the Neolithic Hemudu 河姆渡 culture ⑤ and the *tao-xun* 陶埙 (globular pottery flute) of c. −5 000 of the Neolithic Yangshao 仰韶 culture. ⑥ But it is from a few rare unearthed musical instruments still capable of producing tones that precious information of prehistoric achievements in tone rows has came down to us.

One of the most significant archaeological discoveries of musical instruments of this prehistoric period is undoubtedly the *qi-kong gu-di* 七孔骨笛 (seven-hole bone flutes) unearthed in 1987 at Jiahu 贾湖, Wuyang 舞阳 county. ⑦ The second Wuyang cultural stratum, from which a total of 16 such *gu-di* 骨笛 (bone flutes) were unearthed, has been carbon-dated to the −6th

---

① The translation is from K. Freeman, 1948, p. 74.

② Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 180.

③ See Nicomachus, *Encheiridion Harmonices* (Meibom's ed.), bk. I, p. 10.

④ See Boethius, *De Institutione Musica* (ed. by G. Friedlein, 1867) bk. 1, secs. 10 - 11, p. 197 - 198.

⑤ Hemudu 河姆渡 Archaeological Excavation Team (1980).

⑥ Academia Sinica Archaeological Inistitute, and Xi'an Banpo 半坡 Museum, p. 190.

⑦ See Henan 河南 Research Institute of Cultural Relics (1989).

millennium. ①Among the 16 *gu-di* unearthed, the one with code M282:20 has no cracks and is capable of producing tones. It has a length of 22.2 cm and, in addition to the two holes at its open-ends, seven finger holes and a tiny hole just above the seventh finger-hole. This *gu-di* is capable of producing a total of eight tones—seven tones corresponding to the seven finger holes and a pipe tone with all the finger holes closed. Due to the additional small hole on top of the seventh finger hole, a variation in the tone of the 7th note can be produced. Measurements indicate that the interval between the 1st and the 7th notes is approximately an octave. ② Together with the pipe note, the eight notes of the *gu-di* form a heptatonic scale. The existence of such a Neolithic heptatonic scale is of significance in tracing the origins of musical acoustics in Chinese civilization.

The variety of unearthed musical instruments gradually increases with the decrease in antiquity in time periods. By the −3rd millennium for example, bells had already appeared in China as a *tao-zhong* 陶钟 (pottery bell) was unearthed from the Longshan 龙山 cultural stratum (C-14 dated to c. −2500) located at Keshengzhuang 客省庄 in Changan 长安, Shaanxi 陕西. However, among the unearthed musical instruments of the −3rd millennium, comtemporary to the early Babylonian evidence of the lyre, no string instrument has so far been found in China. Epigraphic evidence of a string instrument, comparable in antiquity with that of a Babylonian lyre, is not available in the Chinese civilization. Since string instruments played an important role in later development of harmonic ratios for musical intervals, it is therefore of interest to further examine early traces of Chinese work on string instruments.

The −3rd millennium in Chinese civilization corresponded, in traditional accounts, to the Wu-Di 五帝 period. According to the records found in the Zhou 周 texts, such as the *Shang Shu* 《尚书》(*Book of Documents*) and the *Shi Jing* 《诗经》(*Book of Odes*), string musical instruments such as the *se* 瑟 (zither) and the *qin* 琴 (half-tube zither) had already appeared by this period. In the *Yue Ji* 《乐记》(*Record of Music*), it is also stated that "Shun 舜 made a five-string *qin* 琴 and sang songs in the southern tradition". ③ Undoubtedly, these written records were made based on an oral tradition, long after the Wu-Di 五帝 period. The crucial date of interest here is when the content of these records emerged in history, a date which probably was not the date when these records were first incorporated in these books.

Our knowledge of prehistoric China has undergone dramatic changes in the last few decades as a result of archaeological explorations and discoveries. At the time of Yao 尧, there existed, for example, the Dawenkou 大汶口 and Longshan 龙山 cultures in the central and northeast plains, the Liangzhu 良渚 culture along the southeast coast and the Qijia 齐家 culture in the west. Certain of the archaeological discoveries also provide new information on dating the contents of the *Shang Shu* 《尚书》(*Book of Documents*). The Neolithic inscriptions found on ceremonial pottery vessels of the Dawenkou culture (c. −4300 to −1900) unearthed at Lingyanghe 陵阳河,

---

① The dates for the two samples are 7137 ± 128 (7762 ± 128, calibrated) and 7105 ± 122 (7737 ± 122, calibrated) years ago.

② See Huang Xiangpeng 黄翔鹏(1989), p. 17.

③ 昔者舜作五弦之琴,以歌南风.

Shandong 山东 Province,① for example, indicate that the astronomical contents of the " *Yao Dian* "〈尧典〉("*The Canon of Yao* ") *section of the Shang Shu* date probably to the −3rd millennium (see Sec. Ⅲ, A. 2 below). Such a discovery has further strengthened the traditional date for the contents of the *Shang Shu*, and the reliability of the acoustic information given in the "Shun Dian"〈舜典〉("The Canon of Shun") of the *Shang Shu*.②

In addition to the direct mention of *se* 瑟 and *qin* 琴, there are also in the *Shang Shu* three records mentioning the *ba-yin* 八音 (eight tones):

诗言志,歌永言,声依永,律和声,八音克谐。

Ode expresses thought in lyric; song puts lyric in singing;
Sound is produced to facilitate singing; pitch is used to regulate sound;
"Eight tones" are provided to enrich harmony. [" Shun Dian "〈舜典〉]

百姓如丧考妣,三载,四海遏密八音。

Citizens mourned as if the death of their parents. For three years,
the "eight tones" (*ba-yin* 八音) were silent within the four seas. ["Shun Dian "〈舜典〉]

予欲闻六律,五声,八音。

I desire to hear the "six pitches" (*liu-lü* 六律), the "five notes" (*wu-sheng* 五声), and the "eight tones" (*ba-yin* 八音). ["Yi Ji"〈益稷〉]

A list of *ba-yin* found in later work identifies the eight tone qualities with the following sound producing materials:③

jin	金 (metal)	*shi*	石 (stone)
tu	土 (clay)	*ge*	革 (skin)
si	丝 (silk)	*mu*	木 (wood)
pao	匏 (gourd)	*zhu*	竹 (bamboo)

Included in the list is silk (*si* 丝). In fact, silk artifacts dated to c. −2000 have been excavated at Qianshanyang 钱山漾, Zhejiang 浙江 Province.④ This indicates that silk strings were available very early. The possibility of having string instruments in this early period of Chinese civilization is not implausible.

2.2.2 The Shang 商 Period

A variety of Shang musical instruments were discovered in archaeological excavations. However, all the unearthed specimens were either of the percussion type or of the wind type musical instruments. No specimen of the string instrument has so far been found. Thus, we are still not in a position to examine the development of string instruments in the Shang period. Among the important Shang musical instruments unearthed are the *tao-xun* 陶埙 (globular pottery flute),

① See the Shandong 山东 Provincial Cultural Relics Management and the Jinan 济南 Museum (1974).
② In the *Shang Shu*, the "Shun Dian" is next to the "Yao Dian " in antiquity.
③ From the *Zhou Li*《周礼》.
④ See the Zhejiang 浙江 Cultural Relics Management (1960).

shi-qing 石磬 (ringing stones), and *tong-zhong* 铜钟 (bronze bells). ① From the nature of the materials used to make these musical instruments, it is obvious that they had a better chance to survive.

2.2.2.1 The *Bian-Zhong* 编钟 (Set-Bells)

Traditionally, the invention of bells has been attributed to the Huang-Di 黄帝 period in the −3rd millennium. As mentioned earlier, archaeological excavation revealed that bell-making did begin in China early in the −3rd millennium, but the early bells were first made of clay. ② In the course of their development, bells found their way into a variety of usages, but it was probably in musical acoustics that they made their greatest impact in early part of Chinese civilization.

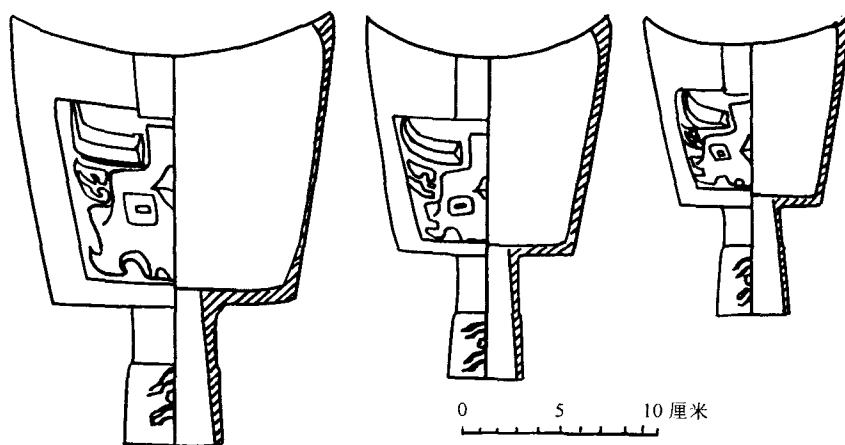



Fig. 1 A set of three Shang *nao* 铙 bells unearthed in 1953 from a Yin 殷 tomb at Dasikong 大司空 near Anyang 安阳, Henan 河南

Among the unearthed specimens of the Shang 商 bronze bells, ③ the *nao* 铙 bells are undoubtedly the most interesting acoustically. They are usually found in sets. A set of three such *nao* bells is shown in Fig. 1. There are strong indications that the *nao* bells of a set are mutually tuned so that their strike notes form certain musical intervals or scales, much like the later *bian-zhong* 编钟 (set-bells) of the Zhou 周 dynasty. The Zhou set-bells are usually composed of the *yong-zhong* 甬钟 (bells with shanks), or *niu-zhong* 钮钟 (bells with looped knobs), or both. It is of interest to note that certain characteristic features of the later set-bells can already be found in the Shang nao bells, not only in appearance but also in acoustic characteristics. The *nao* bells, for example, have the distinguished arched *yu* 于 rims of the *yong* and *niu* set-bells and, more importantly, the almond-shaped cross sections crucial to the two-tone acoustic behavior of set-bells. Thus, the *nao* 铙 bells were probably an early form of the *bian-zhong* 编钟 (set-bells). Set-bells

---

① Bells with a clapper are called *ling* 铃 which are commonly found in usages, such as in the horse-and-chariot gear, and were also used occasionally as musical instruments in ancient times.

② For a comparison of this clapperless pottery bell with a clapperless Shang bronze bell, see Cheng-Yih Chen (4)程贞一, p. 192, Figure 12.

③ Li Chunyi (1)李纯一 (1957).

played an important role in acoustic development in Chinese civilization. Due to corrosion, the striking frequencies of Shang bells have unfortunately been effected. As a result, most of them can no longer provide reliable information on their tonal relations.

2.2.2.2 The *Bian-Qing* 编磬 (Stone-Chimes)

The Shang 商 ringing stones, just like the Shang bronze *nao* 铙 bells, are also usually found in sets and tuned to provide musical intervals and scales as the *bian-qing* 编磬 (stone-chimes). Based on the nature of the stone, some of the unearthed stone-chimes are still capable of producing the designated tones. Among the stone-chimes from the Shang dynasty, the best preserved is undoubtedly the set of three jade stone-chimes (Fig. 2) unearthed from a pit of the Yin 殷 ruins at Anyang 安阳.① These jade stone-chimes not only are capable of producing tones but also have their pitch names, Yong-qi 永启, Yong-yu 永余, and Yao-yu 夭余, engraved on the stones. The rubbings of their pitch names are also shown in Fig. 2.

A measurement of the fundamental frequencies of these stone-chimes has been made by the Ethnic Music Research Institute of the Central Music Academy in Beijing.② In Table 1, a comparison of the measured frequencies with the results obtained from theoretical considerations is given.③It is seen that the agreement is very good. The theoretical values are obtained by considering the measured frequency 948.6 Hz of the Yong-qi 永启 pitch to be given as the fundamental and from which one obtains the major second and the perfect fourth, frequencies 1067.2 Hz and 1264.8 Hz, by using ratios 8/9 and 3/4, respectively.

Table 1 A Comparison of the Frequencies of a Set of Three Shang Stone-Chimes with Theoretical Frequencies

Pitch Name	Measured vib/sec	Theoretical vib/sec	Yong-qi 永启 Mode-Key	
			Zhi Mode	*Shang* Mode
Yong-qi 永启	948.6	948.6(given)	*zhi* 徵(sol)	*shang* 商(re)
Yong-yu 永余	1046.5	1067.2	*yu* 羽(la)	*jue* 角(mi)
Yao-yu 夭余	1278.7	1264.8	*gong* 宫(do)	*zhi* 徵(sol)

It is seen that the intervallic arrangement of the stone-chimes fits well into a "trichord"structure, composed of a whole tone and a minor third. Using the later notation, the "trichord" can be represented by the *zhi* 徵, *yu* 羽 , and *gong* 宫 notes in the Yong-qi-zhi 永启—徵 mode and by

① From the *Shuang-jian-yi GuqiwuTulu*《双剑誃古器物图录》. The three *bian-qing* 编磬, for a period, were a collection of Yu Xingwu 于省吾 and are now preserved at the Palace Museum in Beijing.

② Li Chunyi (2) 李纯一, 1981, p. 40.

③ A similar comparison was also given by Needham and Robinson (p. 162), but their values were based on the incorrect interpretation of the Chinese twelve-pitch scale with the "octave" taken to be that of the "spiral of fifths".

the *shang* 商, *jue* 角, and *zhi* 徵 notes in the *Yong-qi-shang* 永启—商 mode. ①

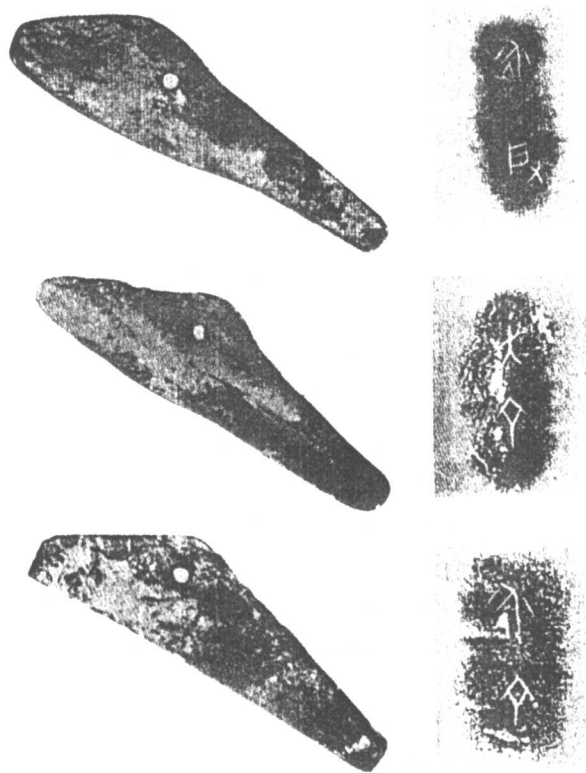



Fig. 2 A set of three jade *bian-qing* (编磬) (stone-chimes) with rubbings of their pitch names unearthed from the Yin (殷) ruins in Anyang 安阳 (now preserved in the Palace Museum in Beijing)

The comparison indicates that the intervals among the pitches of the stone-chimes do indeed correspond to the major second and the perfect fourth. The exact deviations from these ratios are given below:

Yong-qi 永启— Yong-yu 永余 $\frac{948.6}{1046.5}=\frac{8}{9}+0.018$

Yong-qi 永启—Yao-yu 夭余 $\frac{948.6}{1278.7}=\frac{3}{4}+0.008$

The measured values, especially for the perfect fourth, are very close to the true values. The remarkable agreement suggests an appreciation for the structure of the "trichord". In fact, the role of "trichords" in a pentatonic scale is similar to the role of "tetrachords" in a heptatonic scale. ②

2.2.2.3 The *Tao-Xun* 陶埙 (Globular Pottery Flute)

As mentioned earlier, the musical instrument *tao-xun* 陶埙 (globular pottery flute) first appeared around −5000 in the Neolithic Yangshao 仰韶 culture. Archaeological specimens of the

---

① The use of the *gong* 宫, *shang* 商, *jue* 角, *zhi* 徵, and *yu* 羽 terms to designate intervals in the pentatonic note-relations had probably not yet been developed at this Shang period. For convenience, the terms are used here to illustrate the intervallic relations of the "trichord" found in this set of three jade stone chimes.

② See Cheng-Yih Chen (3) 程贞一 (1984).

tao-xun reveal not only a change in their shape but also an interesting pattern of a gradual increase in the number of finger holes as the instrument advanced in time. ① The early *tao-xun* in the regular straight-pipe form was probably evolved from the flute. Gradually, the form became spherical. The metamorphosis in shape continued until it reached the form of an ellipsoid in the early Shang period. The unique tone quality produced by the oval resonance cavity of an ellipsoidal *tao-xun* 陶埙 was undoubtedly favored by the ancient Chinese musicians, since other than making the bottom flat for practical purposes, the oval shape was essentially preserved in all the later *tao-xun*. By the Yin 殷 period of the Shang dynasty, *tao-xun* , had become one of the most important melodic instruments in Chinese music.

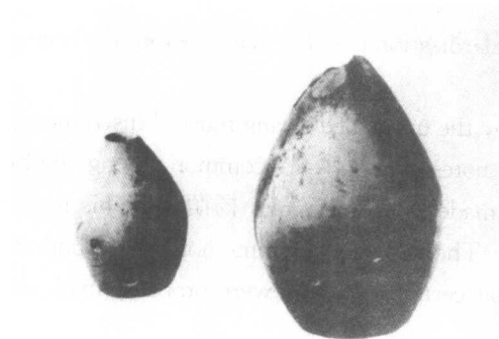
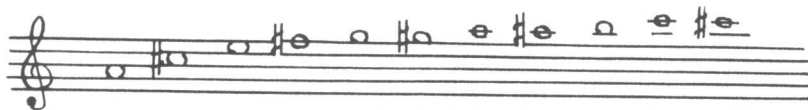



Fig. 3 Two *tao-xun* 陶埙 (globular pottery flutes) unearthed from a Yin tomb at Liulige 琉璃阁 in Huixian 辉县, Henan 河南. The small one (height 4.3 cm, maximum diameter 3.1 cm) has five finger holes, two at one side and three at the other side; the large one (height 7.3 cm, maximum diameter 5.1 cm) has a damaged blow hole

Three *tao-xun* , one large and two small, were unearthed from a Yin 殷 tomb at Liulige 琉璃阁 in Huixian 辉县, Henan 河南. Though two of them are damaged, the undamaged small *tao-xun* is well preserved, having a blow hole and five asymmetrically placed finger holes. A photograph of this *tao-xun*, together with the damaged large *tao-xun*, is reproduced in Fig. 3.

Tested by the Ethnic Music Research Institute of the Central Music Academy in Beijing, the small *tao-xun* is capable of producing, with the various playing finger configurations, a set of 11 distinct notes:

Here, the staff is used to denote the approximate frequencies of these notes. The deviation in frequency from the corresponding notes on the staff are not available as the measured frequencies of the 11 notes were not published with the above result. ② A significant finding from the scale of the *tao-xun* is the appearance of the semitone intervals. In fact, seven of the twelve consecutive semitone intervals in an octave are found among the 11 notes of the *tao-xun*. This seems to suggest that a twelve-note scale was probably already in use during the Shang dynasty.

---

① See Cheng-Yih Chen (6)程贞一(1986).

② Li Chunyi (2) 李纯一(1981), p. 44 - 45.

2.2.2.4 Pitch Standardization

The majority of Shang musical instruments so far unearthed are of the type with unadjustable notes. In order to play such musical instruments together, they need to be tuned in advance to a common pitch. The concept of a standard pitch probably came from such a practical need.

An early literary mention of pitch standardization is found in the *Shang Shu* 《尚书》(*The Book of Documents*). Among the descriptions of the activities and policies implemented by Shun 舜 after taking over the responsibilities of king from Yao 尧, the "Shun Dian"〈舜典〉("The Canon of Shun") section of the *Shang Shu* states:

同律度量衡。

Standardize (*tong* 同, literally "equalize") pitches (*lü* 律),
measures and weights (*du-liang-heng* 度量衡)

This record suggests that the practice of pitch standardization possibly began before the Shang dynasty, but no archaeological evidence is available.

A systematic investigation of notes produced by the unearthed Shang musical instruments was carried out by Li Chun-yi 李纯一. He found that notes c# f# a# are common among the Shang musical instruments. ① A similar observation was made by Yang Yinliu 杨荫浏 in his investigation of pitches in the Shang musical instruments. ② The fact that the same notes are found among different unearthed Shang instruments suggests that certain attempts were probably made during the Shang period to standardize pitch.

2.2.3 The Zhou 周 Period

By the *Zhou* dynasty, in addition to the unearthed artifacts of musical instruments, written records became an important source of early acoustic achievements. From the *Guo Yu* 《国语》(*Discourse on the States*), ③ for example, one finds discussions on pitch standardization range of audibility and the establishment of the *shi-er-lü* 十二律 (twelve-pitches). ④ Descriptions of sound production and propagation are found in the *Kao Gong ji* 《考工记》(*The Artificers' Record*) in relation to the bell acoustics. The principle of resonance in sound is discussed, for example, in the *Zhuang Zi* 《庄子》(*The Book of Master Zhuang*), and later in the *Lüshi Chunqiu* 《吕氏春秋》(*Master Lü's Spring-Autumn Annals*). ⑤

By the Spring-Autumn period, significant progress had been made in theoretical musical acoustics. The up-and-down principle for generating scales is first discussed in the *Guan Zi* 《管子》(*The Book of Master Guan*). In the "Di Yuan"〈地员〉section of the *Guan Zi*, one finds that the principle is used in the *sanfen sunyi* 三分损益 method (the method of the fifth) for generating pentatonic scales. In a later work, the *Lüshi Chunqiu* 《吕氏春秋》(*Master Lü's Spring-*

---

① Li Chunyi(2)李纯一(1981), p. 48.

② Yang Yinliu 杨荫浏 (1981), p. 26.

③ The "Zhou Yu" 《周语》 chapter of the Guo Yu 《国语》, vol. 3.

④ In 1986, a number of pitch-pipes were unearthed from a Chu 楚 tomb (M21) of the Warring States period, see Danjiangku 丹江库 Cultural Excavation Team.

⑤ For further discussion of work on physical acoustics in the Zhou period, see Sec. IV, p. 206 to 236 in this book.

Autumn Annals), one finds that the method is used in generating chromatic scales. There are indications that the up-and-down principle was probably developed long before it was recorded in the *Guan Zi*. A support of this view is found in the Marquis Yi set-bells.

As revealed by the note names inscribed on the Marquis Yi set-bells, the chromatic scales encased in the *niu* 钮 bells were generated by two different procedures. First, the four core notes, namely *zhi* 徵, *yu* 羽, *gong* 宫, and *shang* 商, were generated using the perfect fifth interval in accordance with the up-and-down principle and the remaining eight notes were genera-ted from these four core notes, using the *jue* 角 and *zeng* 曾 intervals. Therefore, notes *zhi-jue* 徵角, *yu-jue* 羽角, *gong-jue* 宫角, and *shang-jue* 商角 were generated with the *jue* 角 interval while notes *zhi-zeng* 徵曾, *yu-zeng* 羽曾, *gong-zeng* 宫曾, and *shang-zeng* 商曾 notes were generated with the *zeng* 曾 interval. This implies that the up-and-down principle was already in existence when the bells were cast in the −5th century.

It has been pointed out that the *jue* 角 and *zeng* 曾 intervals correspond to the major third and the minor sixth. Further studies indicate that by taking the following sets of ratios to approximate the *jue* 角 and *zeng* 曾 intervals:

$$jue\ 角\ \text{interval} \cong \frac{64}{81} \qquad zeng\ 曾\ \text{interval} \cong \left(\frac{64}{81}\right)^2,$$

one would obtain the same chromatic scales generated in the *Lü-Shi Chun-Qiu*. However, by taking the exact ratios,

$$jue\ 角\ \text{interval} = \frac{4}{5} \qquad zeng\ 曾\ \text{interval} = \frac{5}{8},$$

one then obtains the natural (just) intonation. ① This is an important discovery since it indicates that by the same century when Pythagoreans are said to have constructed heptatonic scales by subdividing tetrachords, the Zeng 曾 musical acousticians already had in their possession the abilities to generate chromatic scales in the natural(just) intonation theoretically.

The discovery of the −5th century Marquis Yi 乙 string instruments has also significantly changed the situation with regard to the evidence of string instruments. As mentioned earlier, the lack of early epigraphic evidence of a string instrument has been widely viewed as an indication that harmonic ratios in ancient China must have a foreign origin. Among the 124 musical instruments unearthed from the tomb of Marquis Yi, there are twelve 25-string *se* 瑟 (zithers), one 10-string *qin* 琴 (half-tube zither), and a 5-string instrument. These are advanced string instruments, indicating that their development in Chinese civilization probably began very early. This archaeological discovery is consistent with the early mention of these string instruments in the Zhou texts. ② This discovery removes any suspicion that string musical instruments did not appear in ancient China until after the −4th century when the harmonic ratios had already appeared. ③

---

① Cheng-Yih Chen (4)程贞一, p. 171 - 176. For further discussions on the procedure for generating natural intonations, see Chen Cheng-Yih 程贞一, Sec. Ⅲ .D, p. 189 - 199 of the present book.

② Mentions of the *se* and the *qin* are also found, for example, in the Lun Yu《论语》(Analects).

③ Cheng-Yih Chen (6)程贞一 (1986).

2.3 A Comparison of Chinese and Greek Acoustics

By the time of the Marquis Yi set-bells in the −5th century, acoustics in Chinese civilization had already progressed to a fairly advanced level. However, the comparison of the Chinese work in acoustics with that of the Greek work has met with a number of difficulties. The major problem arises from misinterpretations of the octave and its role in the up-and-down principle in the Chinese theoretical methods for generating musical scales. This led to the incorrect identification of the octave in the chromatic scales generated in the *Lüshi Chunqiu* 《吕氏春秋》(*Master Lü's Spring-Autumn Annals*) by the *san-fen sun-yi* 三分损益 method (the method of the fifth) based on the up-and-down principle.

In comparing the scales produced in the Chinese work with that of the Greek work, Needham and Robinson have made the following remarks:

> It will be seen that the Pythagorean scale and the Chinese gamut (the spiral of fifths) are not identical, either in the general manner of their construction or in the particular proportions of certain notes, i. e. thc octave and the fourth. ①

The problem with the octave came from their incorrect identification of the"octave" in the "spiral of fifths", 262144/531441, (i.e. 1/2 of the comma maxima) as the octave generated in the *Lü-Shi Chun-Qiu* procedure. The relevant passages are reproduced below:

> ... the discrepancy between a Chinese "octave" so produced and the true octave is apparent, the ratio of a true octave being 1:2, and of an "octave" in the spiral of fifths 262 144:531 441. The ratio, therefore, between a true octave and a Chinese "octave" is as 524 288:531 441. This is known as the comma maxima, or more frequently today on account of the mistaken association of the name of Pythagoras with the spiral of fifths, the Pythagorean comma. ②
>
> It should not be imagined that this gamut ever functioned as a scale and it is erroneous to refer to the "Chinese chromatic scale", as some Western writers done. ③

This is also the reason why, in their work, the Chinese twelve pitches are called a gamut rather than a scale. The conclusions of Needham and Robinson on the function of the twelve pitches and on the Chinese "octave" are, however, based on their incorrect interpretation of the role of the comma maxima in the determination of the octave. ④

Reproduced below is a comment by Needham and Robinson on the up-and-down procedure for generating a scale of twelve pitches:

> The Chinese gamut of pitches, on the other hand, requires only the simplest mathematics and does not use the octave as a starting-point. Indeed, it does not even include a

① Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 176.

② Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 213 - 214.

③ Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 170.

④ Cheng-Yih Chen (3) 程贞一. For further discussions on the issue of the Chinese "octave", see Cheng-Yih Chen 程贞一, Sec. Ⅲ.C.2.b, p. 177 - 183 of this book.

true octave at all. The only mathematical operation needed is the multiplication of certain figures by 2/3 and 4/3 alternatively. ①

However, it is in the choice of the multiplication by 2/3 or 4/3 that the true concept of octave is explicitly incorporated into the generation procedure. It is obvious that the factor 2/3 is used to generate the fifth, but less obviously, the factor 4/3 is also used to generate the fifth. This is because the factor 4/3 is given by the ratio [(2/3)/(1/2)], representing a procedure in which a perfect fifth is first generated and then followed by the lowering of the fifth by an octave. ②

As shown in Fig. 4, by superimposing the pentatonic scale generated in the *Guan Zi* with the chromatic scale generated in the *Lü-Shi Chun-Qiu*, one can easily see the octave relationship between the corresponding notes in the two scales. We see that the *zhi* 徵 note and the "G" note, with a ratio 108∶54, are exactly an octave apart in the Lin-zhong 林钟 pitch. Similarly, the *yu* 羽 and the "A" notes, with a ratio 96∶48, are an octave apart in the Tai-cu 太蔟 pitch. This is expected since both the *Guan Zi* and the *Lü-Shi Chun-Qiu*, procedures are based on the up-and-down principle in which the octave is used to keep the generated notes lying within the appropriate compass.

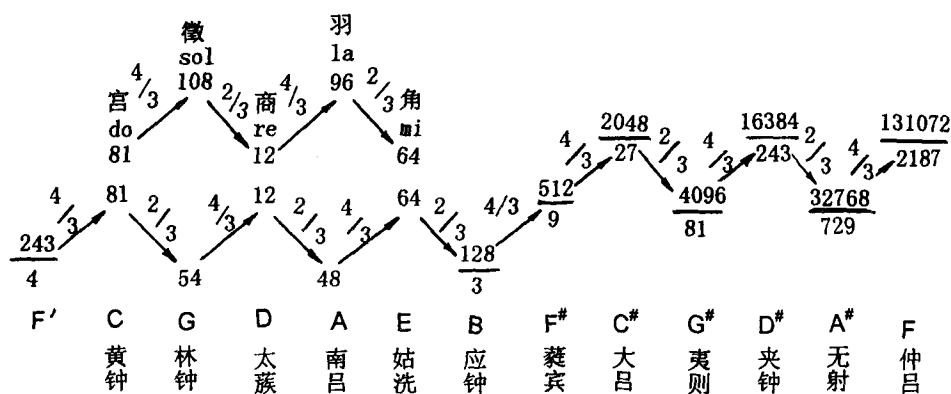



Fig. 4 An illustration of the octave relationship between the pentatonic scale from the Guan Zi《管子》with the chromatic scale from the Lüshi Chunqiu《吕氏春秋》generated in accordance with the up-and-down principle

For a direct comparison of the Chinese and Greek scales, we have reproduced the heptatonic scales imbedded in the chromatic scale generated by the *Lü-Shi Chun-Qiu* procedure for each of the twelve mode-keys (see Table 2). ③ It is seen that out of the twelve mode-keys in the Chinese system of scales, seven of them:

Da-lü 大吕 Tai-cu 太蔟

① Joseph Needham and Kenneth Robinson, vol. 4, sec. 26(h), p. 172.

② See Cheng-Yih Chen(4)程贞一, p. 168 - 170.

③ For a tabulation of the intervals of the twelve mode-keys generated by the *Lü-Shi Chun-Qiu* procedure, see Table 3, p. 173 of this book.

Gu-xian 姑洗	Rui-bin 蕤宾
Lin-zhong 林钟	Nan-lü 南吕
Ying-zhong 应钟	

have intervallic structures which are identical to the Greek "Ionian" mode (or the present major mode). This implies that the Pythagorean diatonic scale is also found in the Chinese system of scales. Based on the inscriptions of the Marquis Yi set-bells and stone-chimes of the −5th century,[1] it is evident that among the seven mode-keys, the Tai-cu 太蔟, Gu-xian 姑洗, Rui-bin 妥宾(蕤宾), and Ying-zhong 廊钟 (应钟) were also found in the State of Zeng 曾. This indicates that these mode-keys were in existence no later than the −5th century and current to the Pythagorean period in the Geek civilization.

Table 2 A Comparison of the Greek Scale in the "Ionian" Mode with the Heptatonic Scales Embedded in the Chromatic Scales Generated in Accordance with the *San-Fen-Sun-Yi* 三分损益 (Up-and-Down) Method from the *Lüshi Chunqiu*《吕氏春秋》(*Master Lü's Spring-Autumn Annals*)

Mode Key 律调	黄钟	大吕	太蔟	夹钟	姑洗	仲吕	蕤宾	林钟	夷则	南吕	无射	应钟	Greek "Ionian" Intonation	Natural 纯律 (Just) Intonation
Intervals	C	C♯	D	D♯	E	F	F♯	G	G♯	A	A♯	B		
Fundamental	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Major second	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{59049}{65536}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{59049}{65536}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{8}{9}$
Major third	$\frac{64}{81}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{6561}{8192}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{6561}{8192}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{6561}{8192}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{6561}{8192}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{4}{5}$
Perfect fourth	$\frac{131072}{177147}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
Perfect fifth	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{177147}{262144}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
Major sixth	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{19683}{32768}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{19683}{32768}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{19683}{32768}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{16}{27}$	$\frac{3}{5}$
Major seventh	$\frac{128}{243}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{2187}{4096}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{2187}{4096}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{2187}{4096}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{2187}{4096}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{128}{243}$	$\frac{8}{15}$
Octave	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

As seen in Table 2, the proportion of the fourth in the Huang-zhong—gong mode of the Chinese scale is indeed not 3:4, the perfect fourth, as in the Greek scale, but sharper:

$$\frac{131072}{177147}=\frac{3}{4}-\frac{7153}{708588}$$

This explains the observation of Needham and Robinson on the fourth. However, the difference in the fourth is found only for one mode-key in which the Huang-zhong acts as the fundamental. In all the other eleven mode-keys, the proportion of the fourth is exactly 3:4. As evident from Table 2, an identical situation transpired with the perfect fourth exists also with the perfect fifth.

---

① See the Hubei Provincial Museum, p.4-13.

One finds that the fifth in the Zhong-lü 仲吕(F) mode-key is flatter than the perfect fifth:

$$\frac{177147}{262144}=\frac{2}{3}+\frac{7153}{786432}$$

This difference in the fifth is again found only in one mode-key, but not in the rest of the eleven mode-keys. The appearance of a sharper fourth or a flater fifth is a consequence of rotating the fundamental for mode-keys. ① It should be noted that the ancient Greeks were also fascinated by the changes in note-ordering and intervallic variations in musical scales and named the different modes of their scales after their tribes. This implies that the "Ionian" mode alone does not represent the Greek scale system. But unfortunately the early Greek modal system is not well documented and its history is obscure. ②

3 A Comparison in Astronomy

3.1 The Principal Sources in Early Astronomy

In both the Babylonian and Chinese civilizations, archaeology has played an important role in recovering valuable information on some of the ancient works in astronomy. In this section, a review of the principal sources used in our comparative study of astronomy in the two civilizations is given.

3.1.1 The Babylonian Principal Sources

The principal Babylonian source on early work in astronomy came primarily from unearthed artifacts. A large number of Babylonian relieves and tablets were discovered in the mid-nineteenth century. They were unearthed in the ruins of Khorsabad in 1843 and in the ruins of Nineveh, both from the first palace library (Kuyunjik) between 1849 and 1850 and from the library of Ashurbanipal in 1853. ③Most of these tablets are now among the collections in European museums. Following the decipherment of cuneiform writing approximately a century ago, historians of science have made significant progress in the interpretation of tablet texts on astronomy. ④

3.1.2 The Chinese Principal Sources

In the Chinese civilization, the discovery and decipherment of the *jia-gu-wen* 甲骨文 (shell-bone inscriptions) during the end of the 19th century played an important role in restoring parts of the astronomical work in the Shang 商 dynasty (c. −17th century to −1111). Recent archaeological discoveries in China have provided further information on a number of unsettled questions

---

① For mode variations of a heptatonic scale see Chen Cheng-Yih 程贞一, Table 4, p. 186 of this book.

② Studies on intervallic variations with respect to modality in the early Greek scale system are not available. The "Ionian" mode compared in Table V, for example, was in fact not officially accepted until the sixteenth century even though the mode probably had long been used in ancient Greece. For a recent work on the topic of Greek modality, see R P. Winnington-Ingram (1968).

③ O. Neugebauer (1), (1959), p. 59; see also O. Neugebauer (3), vols. 1−3.

④ O. Neugebauer (2), (1975), part 1, bk. 2.

about ancient Chinese astronomy.①② In addition to such archaeological discoveries, written records such as those contained in the *Yao Dian*《尧典》(*The Canon of Yao*) have also provided an important source on early Chinese work in astronomy. However, by the beginning of the present century, the account of *Yao Dian* on astronomy of the Yao 尧 period had suffered severe setbacks. There is no question that this document was written after the time of Yao 尧. But the crucial date of importance is not the date when the document was compiled but the date when the astronomical knowledge contained in the document first emerged in history.

According to the *Yao Dian*, during the time of *Yao* the seasons were determined by the meridian passage of four star-groups, known later as *xiu* 宿, the "equatorial compartments". The relevant passage:

日中星鸟,以殷仲春。
日永星火,以正仲夏。
宵中星虚,以殷仲秋。
日短夏昴,以正仲冬。

The day of medium length and [the culmination of] the star
Niao 鸟 [serve to] adjust the middle of spring.
The day of greatest length and [the culmination of] the star
Huo 火 [serve to] fix the middle of summer.
The night of medium length and [the culmination of] the star
Xu 虚 [serve to] adjust the middle of autumn.
The night of greatest length and [the culmination of] the star
Mao 昴 [serve to] fix the middle of winter.

describs the exact relationship of the four *xiu* with the vernal and autumnal equinoxes and with the summer and winter solstices. Owing to the gradual westward movement of the equinoctial points along the ecliptic resulting from the change in direction of the earth's axis, the relationship between the seasons and the *xiu* described in the passage no longer holds.

By tracing backward the precession of the equinoxes, it is possible to estimate the date when the *xiu*-season relationship recorded in the *Yao Dian* could have been observed. Biot was the first scholar who made use of this astronomical fact and attempted to determine the date. Taking the hour of observation of culmination to be 6 p.m., Biot obtained a date of about −2400, in agreement with the traditional dating of the Yao period.③ Other than some uncertainties arising from the exact equatorial extension of the four xiu, there appeared to be no escaping Biot's conclusion. However, by taking 7 p.m. as the hour of observation of culmination, Hashimoto showed that the date could be reduced to the −8th century.④ Although there are no valid grounds for disregarding the traditional view that transit observations by Chinese astronomers

---

① Xi Zezong 席泽宗(1984).
② Chen Cheng-Yih (6)程贞一 (1986).
③ J. B. Biot (1862), p. 263.
④ Masukichi Hashimoto 桥本增吉 (1928).

were always made at 6 p.m., Hashimoto's calculation nevertheless highlights the sensitivity of the result to the precise hour of observation.①

Zhu approached the problem from a different perspective by examining the number of *xiu*-determinatives (stars identifying the equatorial extension of a given *xiu*, see Sec. IV below) at different dates. His results are shown in Table 3. It is seen that the maximum number of *xiu*-determinatives occurred between −2300 and −4500, pointing again to a date earlier than −2300.②

Table 3 *Xiu*-determinatives Used in the Chinese 28-*xiu* 宿 System within 10° of the Celestial Equator at Different Dates

Date	#[a]	Names of the Xiu-determinatives
+1900	5	*Shen* 参, *Xing* 星, *Jiao* 角, *Xu* 虚, *Wei* 危
−230	8	*Shen* 参, *Xing* 星, *Yi* 翼, *Zhen* 轸, *Kang* 亢, *Di* 氐, *Xu* 虚, *Wei* 危
−2370	12	*Bi* 壁, *Kui* 奎, *Lou* 娄, *Bi* 毕, *Xing* 星, *Zhang* 张, *Yi* 翼, *Zhen* 轸, *Fang* 房, *Xu* 虚, *Wei* 危, *Shi* 室
−3440	12	*Bi* 壁, *Kui* 奎, *Jing* 井, *Xing* 星, *Zhang* 张, *Yi* 翼, *Zhen* 轸, *Fang* 房, *Xin* 心, *Xu* 虚, *Wei* 危, *Shi* 室
−4510	12	*Bi* 壁, *Kui* 奎, *Jing* 井, *Liu* 柳, *Xing* 星, *Zhang* 张, *Yi* 翼, *Wei* 尾, *Dou* 斗, *Xu* 虚, *Wei* 危, *Shi* 室
−6650	10	*Bi* 壁, *Kui* 奎, *Yi* 翼, *Wei* 尾, *Ji* 箕, *Dou* 斗, *Niu* 牛, *Nü* 女, *Xu* 虚, *Wei* 危
−8970	3	*Kui* 奎, *Gui* 鬼, *Zhen* 轸

a # denotes the number of *Xiu*-determinatives.

It is worthwhile to recall that by the beginning of the present century, the study of ancient Chinese history as evidenced by the *Shiji*《史记》(Historical Records) of the −1st century had suffered severe setbacks. Many leading historians and sinologists had practically denied the existence of Chinese history prior to the coming of the Zhou 周 dynasty about the −11th century. Although the discovery of the shell-bone inscriptions of the Shang 商 dynasty and the subsequent identification of all but three of the thirty-one king's names in the inscriptions had restored much of the *Shiji*'s account of the Shang dynasty, some leading historians and archaeologists maintained the view that there was little development on Chinese soil before the −16th century and the pre-Shang account of Chinese civilization given in the *Shiji* was not based on history.

Such a view on the antiquity of Chinese history undoubtedly affected the dating and the interpretation of the origin of the quadrantal *xiu*-system, and clearly played a vital role in forming Needham's conclusion on the subject:

> In view of all that we know about ancient Chinese history, it seems very unlikely that the data in our text could refer to a time earlier than about −1500 at the most generous estimate, and therefore Hashimoto's conclusion is perhaps the most attractive.

---

① Zhao Zhuangyu (1983) 赵庄愚 has further examined the effect due to different observation times at different possible sites and obtained a date between −2200 and −2000.

② Zhu Kezhen 竺可桢(1944).

But the possibility remains open that the text is indeed the remnant of a very ancient observational tradition not Chinese at all but the Babylonian. ①

Here we see that, despite the two alternative calculations of Biot and Zhu, Needham favors Hashimoto's result and even postulates that the text itself is the remnant of a Babylonian observational tradition.

Our knowledge of prehistoric China has undergone dramatic changes in the last few decades as a result of archaeological explorations and discoveries. At the time of Yao 尧, there existed, for example, the Dawenkou 大汶口 and the Longshan 龙山 cultures in the central and northeast plains, the Liangzhu 良渚 culture along the south-east coast and the Qijia 齐家 culture in the west. Among the various Neolithic inscriptions found on pottery vessels and other artifacts that contain astronomical information, the most significant ones are probably those found on ceremonial pottery vessels of the Dawenkou 大汶口 (c. −4300 to − 1900) unearthed in 1959 at Lingyanghe 陵阳河 in Ju 莒 county in Shandong 山东 Province as illustrated in Fig. 5.② The Dawenkou cultural stratum from which these pottery vessels were unearthed is C-14 dated to about −2500.

Fig. 5 Illustrations of the four ceremonial pottery vessels with incised glyphs unearthed in 1959 from the Dawenkou 大汶口 cultural stratum of c. −2500 at Lingyanghe 陵阳河 in Ju 莒 county in Shandong 山东 Province

It is evident from Fig. 5 that the two glyphs on the top vessels are pictograms of an axe and a hoe. The other two glyphs on the lower vessels are ideograms relating to the rising sun.③ A logical supposition is that the four ceremonial pottery vessels bearing these inscriptions probably functioned within the context indicated by the meaning of these incised glyphs. It is of great interest, then, to discover that this context matches that recorded in the *Yao Dian*.④

The discussion on astronomy in the *Yao Dian*《尧典》("*The Canon of Yao*") begins with the following passages:

① Joseph Needham, (1959), p. 246.

② See the Shandong 山东 Provincial Cultural Relics Management and the *Jinan* 济南 Museum (1974).

③ See Yu Xingwu 于省吾(1973), Tang Lan 唐兰(1975), and Chen Cheng-Yih(6)程贞一 (1986).

④ Shao Wangping 邵望平(1978).

乃命羲和,钦若昊天。

历象日月星辰,敬授人时。

> [Yao 尧] commanded *Xī* 羲 and He 和 to pay reverence to the grand celestial heavens, to delineate the regularities of the sun, moon, stars, and constellations and to relate respectfully to people the seasons for observance.

The text then continues with discussions of duties and functions of the astronomy officials sent to different locations in the four directions. The following passage deals with the astronomy officials sent to the east:

分命羲仲,宅嵎夷曰旸谷。

寅宾出日,平秩东作。

> [Yao 尧] commanded *Xi-Zhong* 羲仲 to reside at the mountain side in the Yang-Gu 旸谷 by the *Yí* 夷 tribe. There he was to enact the welcome reverence to the rising sun and to regulate the work of the east.

From these passages, we see that the description of the duties and functions of the Yao astronomy officials sent to the east matches the possible functions of the ceremonial vessels as indicated by the meanings of the inscriptions found on them. Thus, the two pieces of pottery with ideograms [ideogram] and [ideogram] (Fig. 5, bottom) were probably the ceremonial vessels used by the Yao 尧 astronomy officials to pay welcome reverence to the rising sun, while the two pieces with pictograms of an axe and a hoe (Fig. 5, top) were probably the ceremonial vessels used to give thanks for the harvest. All of this seems to suggest that the account of official activities of the Yao astronomy officials recorded in the *Yao Dian* was probably based on historical facts. This archaeological discovery provides important evidence on the date of the *Yao Dian*'s contents which is independent of the precession of the equinoxes.① Such a discovery has further strengthened the traditional date for the contents of the *Shang Shu* and the reliability of the astronomical account given in the *Yao Dian*. Needham's conclusion must therefore be reevaluated based on the new archaeological information.

3.2 A Comparison in Calendrical Science

Much has been written over the last century about the Babylonian influence on Chinese calendrical science.② The sexagenary *gan-zhi* 干支 daycount system commonly found in the Chinese calendars has often been cited. It is well known that the Mesopotamian numeral system was sexagesimal. There can be little doubt that the sexagesimal fractions of the Greeks and Alexandrians, as well as the division of the circle into 360°, were derived from it. However, the claim that the *gan-zhi* system was also derived from the Babylonian system is based on speculation. Needham has pointed out that "the number of degrees of the old Chinese circle was $365\frac{1}{4}$, not 360" and

---

① Chen Cheng-Yih(2)程贞一 (1981).

② See for example, J. Edkins (1885), H. Oldenberg (1909), and C. Bezold (1919).

that "sexagesimal fractions never played any part in Chinese calculations". ①

In fact, the *gan-zhi* system is fundamentally different from the Babylonian sexagesimal system, not only in function, but also in concept. ② Unlike the latter, the *gan-zhi* system was not a system of cardinal numerals but an ordered cyclic system. Its elements functioned much like ordinal numerals by specifying orders in counting. In addition, the *gan-zhi* system was not derived from any numeral principle with base 60, but from two separate cyclic systems: the denary *gan* 干 system and the duodenary *zhi* 支 system (see below). The two systems are combined in a well-defined combinatorial procedure that may be visualized as two enmeshed cogwheels, one with twelve and the other with ten teeth, turning together day by day to produce a cycle of sixty ordered combinations.

In this section, we examine and compare the developing stage of calendrical science in the Babylonian and Chinese civilizations.

3.2.1 Calendrical Science in Ancient China

The earliest written account of a calendar is found in the *Yao Dian*:

朞三百有六旬有六日,以闰月定四时成岁。

> The *qi* 朞(duration) of three hundred days plus six *xun* 旬 (ten-day periods) and six days, forms a year in which the four seasons are fixed by the use of the *run-yue* 闰月 (intercalated month).

It is significant that the statement specifically mentions both the seasons and the intercalated month. This implies that the ancient Chinese calendar was constructed in an attempt to keep in step with both the moon's phases and the seasons. In addition to the astronomical periods of a month (*yue* 月) and a year (*sui* 岁), the statement also mentions an artificial ten-day period, *xun* 旬, similar in many ways to the present seven-day week.

The statement records that a seasonal year had 366 days but provides no information on the length of the month. It is, therefore, difficult to deduce how intercalation of the month was implemented. On the other hand, it is reasonable to expect that at a given stage of development, the length of the lunation should be determined, if not to a higher degree than, then at least to within the same degree of accuracy as, the length of a seasonal year, since the latter is much more difficult to measure than the former. By assuming that the same degree of accuracy was obtained, we obtain an upper bound of 29.6 days for the length of a lunation. The value favors the scheme of using a short month of 29 days and a long month of 30 days to keep in step with the moon's phase rather than the equal-month scheme.

The earliest extant records of the calendrical use of the 29-day short month and the 30-day long month are found in the *jia-gu-wen* 甲骨文 (shell-bone inscriptions) of the Yin 殷 period of the Shang 商 dynasty in the -14th century. The shell-bone inscriptions also contain evidence that the intercalated month was not always inserted at the end of the year as the thirteenth month,

---

① Joseph Needham, (1959), p. 82.

② Chen Cheng-Yih (1)程贞一(1980).

and that the *Yin* 殷 calendar occasionally contained a fourteen-month year. ① A systematic investigation of the intercalation records reveals only two records of fourteenth month among more than 150 records of a thirteenth month. ② This observation seems to suggest that certain regularities in intercalation procedure had already been developed by the Yin period.

No explicit statements on the length of the lunation and tropical year were found among the shell-bone inscriptions. Dong deduced, from the information found in the inscriptions, a figure of 29.53 days for the lunation and 365.25 days for the tropical year, and suggested that the well-known Si-Fen Li (Quarter-Remainder calendar) was handed down by the Shang astronomers. ③ However, tacit assumptions were made in deducing these numbers and further evidence is needed before they can be accepted as those determined by the Shang astronomers. Based on Dong's work, it is nevertheless apparent that the Shang astronomers knew the length of a tropical year more accurately than the 366 days given in the *Yao Dian*. The shell-bone inscriptions also confirm that by the −14th century the Chinese calendar was a lunisolar one in which the moon's phase and seasonal changes were reconciled by expressing the twelve-month year in terms of combinations of short and long months and by the occasional use of an intercalated month. ④ The Yin 殷 calendar revealed by the shell-bone inscriptions is consistent with the account of the *Yao* calendar given in the *Yao Dian*.

At a very early stage, calendrical science in China underwent different trends of development. One such trend placed an emphasis upon incorporating into the calendar additional astronomical phenomena such as lunar and solar eclipses and planetary motions. Another important trend was to facilitate the civil functions of the calendar by introducing counting cycles dissociated from the cycles of lunations and seasonal changes. These different developments contributed to the multi-functional characteristics of the later Chinese calendar.

The first known artificial period introduced into the ancient Chinese calendar was the ten-day *xun* 旬 whose purpose was to subdivide the astronomical periods of a lunation and a seasonal year. Thus a three-*xun* was approximately a lunation and a 36-*xun* was approximately a tropical year. A ten-day period was a logical choice since Chinese numerals, whether in the ciphered grouping form found in the shell-bone inscriptions or in the positional counting rod form for computations, have always been decimal.

The names of the days in a *xun* 旬,

jia 甲 *yi* 乙 *bing* 丙 *ding* 丁 *wu* 戊
ji 己 *geng* 庚 *xin* 辛 *ren* 壬 *gui* 癸

form a denary cyclic system known as the *gan* system. There is evidence from the shell-bone

① Dong Zuobin (1)董作宾(1930).

② JAO Tsung-I 饶宗颐 ed. (1990), vol. 2.

③ Dong Zuobin (2)董作宾(1945).

④ The practice in the west of referring to the Chinese calendar as a lunar calendar began soon after the coming of the Jesuits to China in the +17th century. This practice is now commonly accepted, even among the Chinese public. However, such a terminology is incorrect, having most probably originated from a misunderstanding of the Chinese calendar, and should be discontinued.

inscriptions that by the time of the Shang dynasty in the −2nd millennium, the denary day-count cycle had been incorporated into a sexagenary one. It is self-evident that the *gan-zhi* 干支 cyclic system used for the sexagenary day-count was derived from the *gan* system by combining its ten ordered characters with the twelve ordered characters,

zi	子	*chou*	丑	*yin*	寅	*mao*	卯	*chen*	辰	*si*	巳
wu	午	*wei*	未	*shen*	申	*you*	酉	*xu*	戌	*hai*	亥

of the duodenary *zhi* 支 system to give a total of sixty ordered combinations, such as *jia-zi* 甲子 or *yi-chou* 乙丑. Such combinations are among the most common characters for the day count in the shell-bone inscriptions. As mentioned earlier, the sexagenary *gan-zhi* system cannot be used as evidence for the Babylonian influence on the Chinese calendrical science since it has nothing in common with sexagesimal numeration principles.

We emphasize that the *gan-zhi* 干支 day count was introduced *after* the scheme of intercalation had already been invented. It was introduced not to replace the day count within lunations and seasonal years but to provide a reference day count common to all regions and periods. Thus, the statement "the most ancient day count in Chinese culture did not depend on the sun and moon at all"① can be rather misleading. The *gan-zhi* day was an important innovation of scientific merit. It was the chronology of the *gan-zhi* day count that permitted us to deduce the length of a tropical year in the *Spring-Autumn* period (−771 to −477) of the Zhou 周 dynasty. In the *Zuo Zhuan* 《左传》(*Master Zuoqiu's Commentary on the Spring-Autumn Annals*), there are two dated records of the winter solstices: one is on the *xin-hai* 辛亥 day in the first month of the fifth year of the reign of *Xi-Gong* 僖公 (i.e. −655), and the other is on the *ji-chou* 己丑 day in the second month of the twentieth year of the reign of the Zhao-Gong 昭公 (i.e. −522). The number of days in the 133-year period between the two winter solstices can be deduced from the *gan-zhi* day-count starting on the *xin-hai* day and finishing on *ji-chou* day. This yields a total of 48 578 days, giving a tropical year of $365\frac{33}{133}$ days.

3.2.2 Calendrical Science in Ancient Babylonia

From the names of the months from the old Babylonian Reign (−19th to −16th century) and their arrangement on Babylonian clay tablets of c. −1100 unearthed at Assur, ② we learn that the vernal equinox was fixed in the first month (the month of *Nisannu*). In the Babylonian calendar, the month was always taken to begin with the "new moon", the first appearance of the crescent moon after sunset. There is evidence indicating that the old Babylonian calendar made use of an intercalated month to keep the lunations in step with the seasonal year. According to a document found in the texts of a Babylonian cuneiform tablet, Hammurabi (c. −1728 to −1686) made the following order:

> Since the year is not good, the next month must be noted as a second Ululu [the sixth month]. Instead of delivering the tithes to Babylon on the 25th of Tishritu [the

① Joseph Needham, (1959), p. 396.

② B. L. van der Waerden (1974), p. 47 and 64.

seventh month], have them delivered on the 25th of Ululu Ⅱ. ①

This indicates that intercalation was certainly used by the time of Hammurabi. The implementation of intercalations appears, however, to have been carried out in an *ad hoc*, rather than a systematic manner. The short- and long-month scheme was probably used. No information has come down to us on the length of the seasonal year before the Assyrian period. To judge by the *Yao Dian* and the shell-bone inscriptions, there was no significant difference between the pace of calendar development in Babylonia and China.

On the basis of systematic investigations of available Babylonian tablets containing records on intercalated months in chronological order, ② van der Waerden has shown that between −528 and −503 the intercalation procedure consisted of the insertion of three intercalated months in every eight-year period (hereinafter "the 3 − 8 intercalation procedure"), as shown in Table 4. ③

Table 4 The Babylonian "3 − 8" Intercalation Procedure

Period	Year with Intercalation[a,b]			#[c]
−528 to −521	2U	4A	7A	3
−520 to −513	2U	4A	7A	3
−512 to −505	2U	4A	7A	3
−504	2U			

a U indicates that an intercalated month was inserted in the middle of the year.

b A indicates that an intercalated month was inserted in end of the year.

c # denotes the number of intercalations.

The procedure was further improved by the use of seven intercalated months in every nineteen-year period (hereinafter "the 7 − 19 intercalation procedure") at the turn of the −5th century, as shown in Table 5. ④ From this table, it is seen that by the −5th century the Babylonians had indeed mastered the 7 − 19 intercalation procedure by inserting an intercalated month on the third, sixth, eighth, eleventh, fourteenth, seventeenth and nineteenth year in each nineteen-year period. According to the extant tablets of the last Babylonian period, the procedure was still in use in the +1st century.

Table 5 The Babylonian "7 − 19" Intercalation Procedure

Period	Year with Intercalation[a,b,c]								#[d]
−500 to −482	1A	3A	6A	(8A)	11A	14A	17U	19A	8
−481 to −463		(3A)	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
−462 to −444		3A	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
−443 to −425		3A	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
−424 to −406		3A	(6A)	8A	11A	14A	17U	19A	7
−405 to −387		3A	6A	8A	11A	(14A)	17U	19A	7

a U indicates that an intercalated month was inserted in the middle of the year.

---

① F. X. Kugler (1909), p. 253, see also A. Pannekoek (1961), p. 31.

② R. A. Parker and W. A. Dubberstein (1956).

③ B. L. van der Waerden (1974), p. 103.

④ B. L. van der Waerden (1974), p. 103.

b A indicates that an intercalated month was inserted in the end of the year.

c ()indicates that no record has yet been found amongst the tablets.

d #denotes the number of intercalations.

Similar studies of Chinese intercalation procedures, based on the chronicle and astronomical data systematically kept in the *Chun-Qiu*《春秋》(*Spring and Autumn Annals*) between −722 and −476, were carried out by Wang① and subsequently by Shinjo ② and Yabuuchi. ③ The results of these studies are summarized in Table 6. ④ It is apparent that the 7 − 19 intercalation procedure was also developed in the Chinese civilization and was implemented systematically by the −6th century. By comparing Table 6 with Tables 4 and 5, it is also apparent that both civilizations underwent a period of uncertainty before the 7 − 19 intercalation procedure was worked out satisfactorily and implemented systematically. Even then, there were still differences in the pattern of spacing the intercalated months.

Table 6 The Chinese "7 - 19" Intercalation Procedure

Period	#[a]	Period	Year with Intercalation							#[a]
−722 to −704	7	−589 to −571	3	6	8	11	13	16	19	7
−703 to −685	6	−570 to −552	3	5	8	11	14	17	19	7
−684 to −666	7	−551 to −533	3	5	8	11	13	16	19	7
−665 to −647	7	−532 to −514	3	6	8	11	13	16	19	7
−646 to −628	6	−513 to −495	3	6	8	11	13	16	19	7
−627 to −609	7	−494 to −476	3	5	8	11	13	16	19	7
−608 to −590	8									

a # denotes the number of intercalations.

Tables 4 and 5 reveal that the changeover from the 3 − 8 intercalation procedure to the 7 − 19 intercalation took place in the Babylonian calendar in a relatively short period between −504 and −482. During this period, the Chinese astronomers had already systematically implemented the 7 − 19 intercalation procedure for almost a century. Thus, we again fail to see any Babylonian influence on the Chinese calendar. Indeed, if a case is to be made for transmissions during this period, it is in the reverse direction. The transition from the 3 − 8 to the 7 − 19 intercalation procedure in the Babylonian calendar took place long after the appearance of the latter in the Chinese calendar; furthermore, it happened rather suddenly and was completed within a relatively short time. However, in the absence of direct evidence of transmission, we prefer to work on the premise that we are dealing with parallel developments.

3.3 A Comparison of Early Astronomical Systems

A characteristic of the Chinese approach to astronomy is the early use of the star groups along the equatorial belt to determine seasons and to specify celestial locations. The polar and equatorial

---

① Wang Tao 王韬, (1889).

② Shinjo Shinzo 新城新藏(1929).

③ Yabuuchi Kiyoshi 薮内清 (1969).

④ Chen Jiujin 陈久金(1978).

character of the Chinese system of 28 *xiu* 宿("equatorial compartments")①has been a topic of much discussion. Needham has commented that "many European scholars have found it almost impossible to believe that a fully equatorial system of astronomy could have grown up without passing through an ecliptic (zodiacal) phase, yet that undoubtedly happened" .② He hastens to point out that "it happened in Babylonia first",③ and devotes much discussion to the possibility that the Chinese system was derived from old Babylonian equatorial astronomy.

However, Needham's claim that"the (*Yao Dian*《尧典》) text is the remnant of a very ancient observational tradition, not Chinese at all but Babylonian"④ is primarily a speculation, not supported by evidence. He offered the Qi-heng-tu 七衡图 of the *Zhoubi Suanjing*《周髀算经》(*Mathematics Classics* of *Zhou Gnomons*) as evidence of traces of Babylonian influence,⑤ but the Qi-heng-tu diagram was not an attempt to divide the sky and has nothing in common with the Babylonian planisphere. *Qi-heng-tu* is a diagram consisting of the celestial north pole with seven concentric circles describing the change in orbit of the sun's apparent motion, calculated from sun-shadow measurements based on a mathematical relation of double differences between distance and shadow length derived by Chen Zi 陈子 under certain assumptions and approximations. ⑥

In this section, we examine and compare the early astronomical works in the Babylonian and Chinese civilizations.

3.3.1 The Chinese Equatorial Astronomical System

According to the *Yao Dian*《尧典》(*The Canon of Yao*), during the time of *Yao* 尧 the seasons were determined by the meridian passage of four star-groups, known later as *xiu* 宿, the "equatorial compartments". The vernal and autumnal equinoxes were determined by the culmination of the star-groups identified by the stars *Niao* (α Hya) and *Xu* (β Aqr). The summer and winter solstices were determined by the culmination of the star-groups identified by the stars *Huo* 火 (Antares, α Sco) and *Mao* (η Tau). Such usages of the star-groups along the equatorial belt eventually led to their use in specifying celestial positions in recording celestial objects or describing astronomical phenomena.

This need for specifying celestial positions led to the development of a coordinate system with the set of *xiu* 宿 expanded to 28, each identified by a determinative star. In this system, the

---

① The character *xiu* 宿 literally means a temporary resting-place. With the mental picture the 28 equatorial compartments (identified with the 28 star-groups) functioned as the resting-place for the apparent journey of the sun, these equatorial compartments gradually became known as *xiu*. The familiar translation of *xiu* as "lunar mansion" is rather misleading, since the equatorial compartments were not only for the moon, but also for the sun and planets. It is not difficult to see from the records such as the *Yao Dian* that, historically, the concept of *xiu* was developed primarily in relation to the apparent motion of the sun. Relationships to the moon and planets appeared gradually in the course of time.

② Joseph Needham, (1959), p. 231, 252 - 258.

③ Joseph Needham, (1959), p. 231, footnote g, see also O. Neugebauer (1) (1959).

④ Joseph Needham, (1959), p. 246.

⑤ Joseph Needham, (1959), p. 256 - 257.

⑥ Chen ChengYih(1)程贞一(1980).

position of a celestial object was specified by the polar distance p on the hour circle and the angle β from the determinative star of the nearest *xiu* of the 28 *xiu* on the equator. Evidence for such a Chinese celestial coordinate system can be traced to the work on listing the stars by Shi Shen 石申 and Gan De 甘德 in the −4th century.

Table 7 Table of the 28 *Xiu* 宿 and Their Determinative Stars[①]

1		Jiao 角	α Virginis (1.2) 13 19 55 −10°38′22″	15		Kui 奎	η Andromedae (4.2) 00 42 02 +23°43′23″
2		Kang 亢	κ Virginis (4.3) 14 07 34−09°48′30″	16		Lou 娄	β Arietis (2.7) 01 49 07 +20°19′09″
3		Di 氐	α² Librae (2.9) 14 45 21 −15°37′35″	17		Wei 胃	41 Arietis (3.7) 02 44 06 +26°50′54″
4		Fang 房	π Scorpii (3.0) 15 52 48 −25°49′35″	18		Mao 昴	η Tauri (3.0) 03 41 32 +23°47′45″
5		Xin 心	σ Scorpii (3.1) 16 15 07 −25°21′10″	19		Bi 毕	ε Tauri (3.6) 04 22 47 +18°57′31″
6		Wei 尾	μ¹ Scorpii (3.1) 16 45 06 −37°52′33″	20		Zi 觜	λ¹ Orionis (3.4) 05 29 38 +09°52′02″
7		Ji 箕	γ Sagittarii (3.1) 17 59 23 −30°25′31″	21		Shen 参	ζ Orionis (1.9) 05 35 43−01°59′44″
8		Dou 斗	φ Sagittarii (3.3) 18 39 25 −27°05′37″	22		Jing 井	μ Geminorum (3.2) 06 16 55 +22°33′54″
9		Niu 牛	β Capricorni (3.3) 20 15 24 −15°05′50″	23		Gui 鬼	θ Cancri (5.8) 08 25 54 +18°25′57″
10		Nü 女	ε Aquarii (3.6) 20 42 16 −09°51′43″	24		Liu 柳	δ Hydrae (4.2) 08 32 22 +06°03′09″
11		Xu 虚	β Aquarii (3.1) 21 26 18 −06°00′40″	25		Xing 星	α Hydrea (2.1) 09 22 40 −08°13′30″
12		Wei 危	α Aquarii (3.2) 22 00 39 −00°48′21″	26		Zhang 张	μ Hydrea (3.9) 10 21 15 −16°19′33″
13		Shi 室	α Pegasi (2.6) 22 59 47 +14°40′02″	27		Yi 翼	α Crateris (4.2) 10 54 54 −17°45′59″
14		Bi 壁	γ Pegasi (2.9) 00 08 05 +14°37′39″	28		Zhen 轸	γ Corvi (2.4) 12 10 40 −16°59′12″

In modern astronomy, on the other hand, such a position is specified by the declination δ and the right ascension α. It is apparent that the reference circles used in the modern system are also the hour-circle and the equator as in the Chinese system. The fact that the north polar distance is simply the complement of declination and the angle from the determinative star of the nearest is equivalent to right ascension seems to suggest that the two celestial coordinate systems were probably related in their development. It is well known that ancient Greek as well as medieval European astronomers used the ecliptic and the circle of the celestial longitude as their reference circles. Consequently, a star's position is expressed in terms of ecliptic longitude and latitude. Needham

① The entries — magnitude, right ascension α, and declination δ — for the *xiu*-determinative star lying on the hour circle are based on epoch +1900 (Zhu Kezhen 竺可桢, 1944).

has commented that "since the Renaissance, and especially since the work of Tycho Brahe, modern astronomy has made universal use of equatorial coordinates, using right ascension and declination". ① Thus the equatorial system began to emerge as the major celestial coordinate system in the + 16th century.

The fully developed system of *xiu* 宿, as we know it now, is shown in Table 7. ② Listed alongside each *xiu* is the name, magnitude, right ascension α, and declination δ(epoch + 1900) of its determinative star lying on the hour circle. From the table it can be seen that the *xiu*-determinative stars were not chosen on the basis of their magnitude; a number of them were of only fourth magnitude, and one (Gui, θ Cnc) was of sixth. Instead, they were chosen because of certain specific positional requirements. This probably also explains why some of the determinative stars were quite far from the equator even after taking into consideration the precession of the equinoxes.

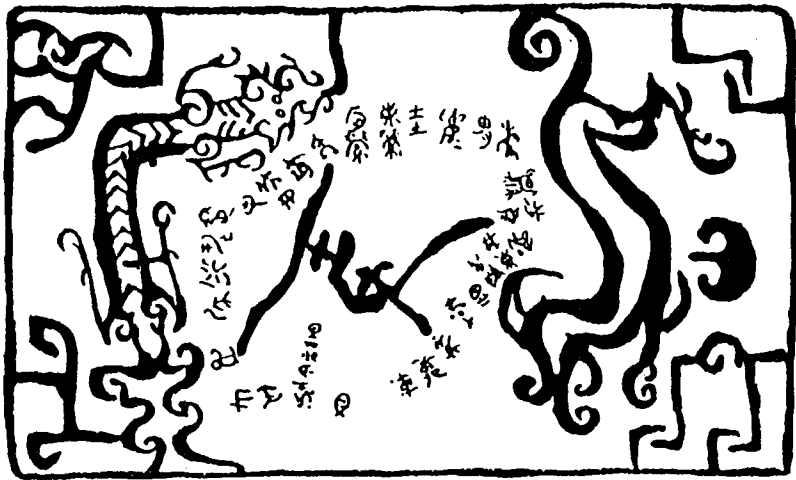



Fig. 6 Copy of the astronomical diagram unearthed in 1978 in Hubei 湖北 from the tomb of Marquis Yi 乙 of the Zeng 曾 State dated to the − 5th century

The 28 *xiu*, as we know them now, are divided into four groups. Each contains seven *xiu* known as the *si gong* 四宫 (the four palaces) or the *si xiang* 四象(the four images), consisting of the *Qing-Long* 青龙 (the Blue Dragon) in the east, the *Zhu-Niao* 朱鸟 (the Vermilion Bird) in the south, the *Bai-Hu* 白虎 (the White Tiger) in the west, and the *Xuan-Wu* 玄武 (the Black Snake-Tortoise) in the north. Opinions differ considerably among scholars on the dates when the four divisions and the 28 *xiu* were first completed. Most scholars are of the view that the system was completed around the − 3rd century as the earliest complete list of names of the 28 *xiu* is found in the *Lüshi Chunqiu*《吕氏春秋》(*Master Lü's Spring-Autumn Annals*) of − 239. This would place the date later than the star-map work of Shi Shen 石申 and Gan De 甘德 of the − 4th century. Among the extant Chinese classics, it is in the *Huai-Nan Zi*《淮南子》

---

① Joseph Needham, (1959), p. 266.

② Zhu Kezhen 竺可桢(1944).

(*The Book of the Prince of Huai-Nan*) of −120 that both the four divisions and the complete list of 28 *xiu* are found.

Two centuries of controversy about the antiquity of the fully developed system of *xiu* 宿 have been set to rest by the discovery of an astronomical diagram of the −5th century with names of the 28 *xiu* written clockwise in an oval ring encircling the character Dou 斗, Ursa Major (see Fig. 6). This diagram, painted in red with a black background on the cover of a wooden chest (length 82.8 cm, width 47 cm, and height 44.8 cm), ① was unearthed from the Marquis Yi 乙 tomb, the same tomb where the bronze set-bells were unearthed. This archaeological discovery places a greater significance on the fact that 24 out of 28 *xiu* had already appeared in the *Yue Ling* 《月令》(*Monthly Ordinances of Zhōu*) about the −7th century.

All the characters for the names of *xiu* in the diagram of Marquis Yi are written in the seal form. ② In Fig. 7, they are identified with the present printed form. By comparing these with Table 7, it is seen that, other than for a few cases, the names of the *xiu* in the two sets are identical, except perhaps for homophone or stroke variations. The names provided by the astronomical diagram are invaluable in the study of the origins of the *xiu* names. A number of such studies are now available in Chinese literature. ③

(角)、(坠)、(氐)、(方)、(心)、(尾)、(箕)、

(斗)、(牵牛)、(伏女)、(虚)、(产)、(西萦)、(东萦)、

(圭)、(婁女)、(胃)、(矛)、(縪)、(此雈)、(参)、

(东井)、(與鬼)、(酉)、(七星)、(素)、(翼)、(車)

Fig. 7 The identification of the names of the 28 *xiu* in the seal form in the −5th century astronomical diagram with those in the present form

The astronomical diagram of the −5th century also provides valuable information on the deve-lopment of the star-group divisions. In the diagram, a dragon and a tiger are drawn on the opposite sides of the ring of the 28 *xiu*. An obvious interpretation is that the dragon corresponds to the *Qing-Long* 青龙 (Blue Dragon) palace in the east and the tiger corresponds to the *Bai-Hu* 白虎 (White Tiger) palace in the west. This, however, leaves open the question about the remai-ning two palaces of the *si gong* 四宫, namely the *Zhu-Niao* 朱鸟 (Vermilion Bird) in the south and the *Xuan-Wu* 玄武(the Black Snake-Tortoise) in the north. Huang et al. suggest that the two remaining palaces can also be accounted for if one includes the displays on the front and back

---

① See the Leigudun Archaeological Team of the First Tomb in Suixian (1979), p. 5.

② Wang Jianmin 王健民, Liang Zhu 梁柱 and Wang Shengli 王胜利 (1979).

③ See Wang Jianmin 王健民 et al. (1979), and Qiu Xigui 裘锡圭 (1979).

sides of the wooden chest together with the astronomical diagram displayed on its cover (Fig. 8). ①

By interpreting the design on the front side as birds and the total blackness on the back side as an indication of invisibility, they concluded that the Vermilion Bird palace and the Black Snake-Tortoise palace were indeed included in the overall presentation of the astronomical system on the wooden chest. To support their interpretation of total blackness as invisibility, Huang et al. point out that the date "the third day, *jia yin* "甲寅 is entered below the second *xiu* (namely *Kang* 埅) in the astronomical diagram. ② The date, which was probably entered as a record of Marquis Yi's death, has been identified as the third day of the fifth month, corresponding approximately to the season of the Spring Equinox. ③ Consequently, the seven *xiu* in the north were invisible below the horizon at dusk. Such an interpretation is of interest and deserves further study.

Fig. 8 Designs from the front and back of a wooden chest unearthed in 1978 in Hubei 湖北 from the tomb of Marquis Yi 乙 of Zeng 曾, dated to the −5th century, displayed together with the astronomical diagram from its cover

3.3.2 The Babylonian Astronomical System

It should be noted that our knowledge about ancient Mesopotamian astronomy is also very limited. We know virtually nothing about Sumerian astronomy, and our knowledge of Babylonian astronomy comes primarily from archaeological discoveries. Two Babylonian tablets found in the British Museum (K250 and K8067), which contain the star and planets names *Elam*, *Akkad* and *Amurru*, were probably among those coming from the old Babylonian period. ④ These stars and planets listed in Table 8 were also found in association with *Ea* (*Enūma*), *Anu*, and *Enlil*, the three gods of *Elam*, *Akkad* and *Amurru*, as shown in Table 9. This list was reproduced by Schroeder from a Babylonian tablet (no. 218) of c. −1100 unearthed at Assur and preserved at the Berlin Museum. ⑤

① Huang Jianzhong 黄建中, Zhang Zhenjiu 张镇九 and Tao Dan 陶丹 (1982).

② Huang Jianzhong 黄建中 et al. (1979).

③ Wang Jianmin 王健民 et al. (1979).

④ See E. A. Wallis Budge, ed. (1912), vol. 33, and E. F. Weidner (1915).

⑤ O. Schroeder (1920), p. 119.

Table 8 Stars and Planets of *Elam*, *Akkad*, and *Amurru* *

No.	Stars of *Elam*	Stars of *Akkad*	Stars of *Amurru*
1	…	APIN	IKU
2	…	A-*nu-ni-tum*	SHU. GI
3	…	SIBA. ZI. AN. NA	MUSH
4	…	UD. AL. TAR	KAK. SI. DI
5	…	MAR. GID. DA	MASH. TAB. BA. GAL. GAL
6	…	SHU. PA	BIR
7	…	*zi-ba-ni-tum*	NIN. MAH
8	GIR. TAB	UR. IDIM	LUGAL
9	…	UZA	*sal-bat-a-nu*
10	GU. LA	A^{mushen}	AL. LUL
11	N[U. MUSH. DA]	DA. MU	SHIM. MAH
12	…	*ni-bi-rum*	KA. A

* From van der Waerden(1974), Table 2.

Table 9 Stars and Planets of *Ea*, *Anu*, and *Enlil*

Month	Stars of *Ea*	Stars of *Anu*	Stars of *Enlil*
1. Nisannu	IKU	DIL. BAT	APIN
2. Aiaru	MUL. MUL	SHU. GI	*A-nu-ni-tum*
3. Simanu	SIBA. ZI. AN. AN	UR. GU. LA	MUSH
4. Duzu	KAK. SI. DI.	MASH. TAB. BA	SHUL. PA. E
5. Abu	BAN	MASH. TAB. BA. GAL. GAL	MAR. GID. DA
6. Ululu	*ka-li-tum*	UGA	SHU. PA
7. Tashritu	NIN. MAH	*zi-ba-ni-tum*	EN. TE. NA. MASH. LUM
8. Arahsamna	UR. IDIM	GIR. TAB	LUGAL
9. Kislimu	*sal-bat-a-nu*	UD. KA. DUH. A	UZA
10. Tebetu	GU. LA	*al-lu-ut-tum*	A^{mushen} *
11. Shabutu	NU. MUSH. DA	SHIM. MAH	DA. MU
12. Addaru	KUA	^{b} *Marduk*	KA. A

* The word *mushen* means "bird", and A^{mushen} (or more precisely A_2^{mushen}) means "eagle".

Neugebauer has pointed out that "deification of the Sun, Moon or Venus cannot be called astronomy" and "the denomination of conspicuous stars or constellations does not constitute an astronomical science". ① Our interest in the stars and planets listed in Table 8 lies in the fact that they were later associated with months (Table 9) and incorporated in the planisphere. Fragments of such planispheres (see Fig. 9) are found in Tablets belonging to the "*Enūma*, *Anu*, *Enlil*" series. ② This series contained at least 70 numbered tablets with a total of about 7 000 astrological omens. The canonization of this enormous mass of omens is said to have extended over several centuries and reached its final form perhaps around −1000. Thus, the appearance of the plani-

① O. Neugebauer (1), (1959), p. 99.

② E. A. Wallis Budge, ed. (1912), vol. 33, p. 6, pls. 11 and 12.

spheres in Babylonia is placed somewhere around −1200, contemporary with the Yin 殷 period (c. −1385 to −1112) of the Shang dynasty.

The planisphere consists of a diagram of three concentric circles divided into a total of thirty-six sections by twelve radii. These sections contain the names of stars, constellations and planets, together with simple numbers in arithmetic progression the exact significance of which has not yet been fully explained. ① Unfortunately, only fragments of such planispheres have so far been discovered. Pinches (1900) first attempted to restore the planisphere and copied a number of fragments found in the collections stored in the British Museum. ② Although most of the original fragments have subsequently been lost, the copied materials enabled Schott to publish the reconstructed diagram of the planisphere reproduced in Fig 10.③ It can be seen that the planisphere consists of three "roads", each marked with twelve stars corresponding to the months. In Table 9, it is seen that the stars of the central road correspond to the Stars of *Anu*; those of the outer road to the Stars of *Ea*; and those of the inner road to the Stars of *Enlil*. This arrangement is certainly consistent with the story told in the *Enūma-Elish*, a Babylonian creation myth.

From comparing the names of the stars given in the Babylonian planisphere (see Table 9 and Fig. 10) with those in the Chinese 28 *xiu* 宿 (see Table 7 and Figures 6 and 7), no significant relationship can be found between the star nomenclatures of the two civilizations. Though in the past, a few star-names have been mentioned for possible identification, in each case the connection in meaning is vague and obscure. ④

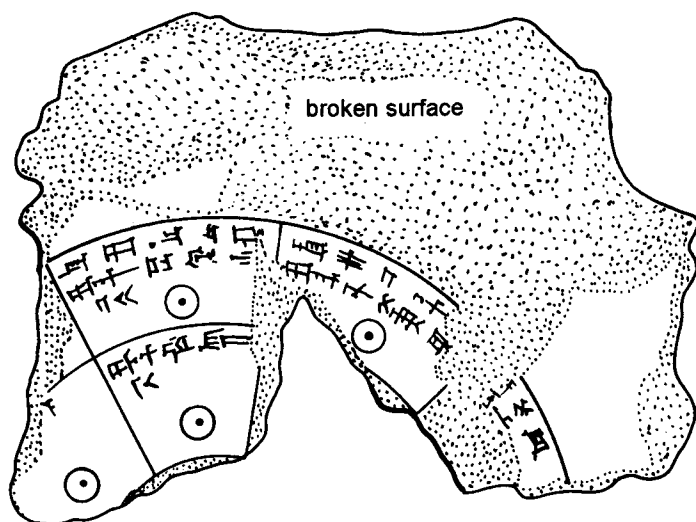



Fig. 9 Fragment of a Babylonian planisphere (c. −1200)

A common interpretation of the Babylonian planisphere is that it represented a division of the sky and the central road (*Anu*) of the planispheres corresponds to the equatorial belt. The belt is marked with twelve stars, one for each month, according to the times of their helical rising. However, if one examines these stars, one realizes that not all of them are helical stars. They even included two planets. The first month is marked by the

① These numbers probably have something to do with the length of a day. See van der Waerden (1974), p. 69.

② T. G. Pinches (1900), and A. Sacks (1955).

③ A. Schott (1934).

④ G. Thibaut (1894).

planet Venus (*DIL. BAT*) and the twelfth month by the planet Jupiter (*Marduk*). This is, of course, incorrect because planets cannot be fixed to any particular month. Evidently, the twelve stars of *Anu* did not form an equatorial system comparable with the quadrantal *xiu* system of the *Yao Dian*. Even if one disregards the inscribed ceremonial pottery vessels and Biot's dating, and accepts the date of 800 for the observation, it would still be difficult to demonstrate a Babylonian influence on Chinese developments in equatorial astronomy.

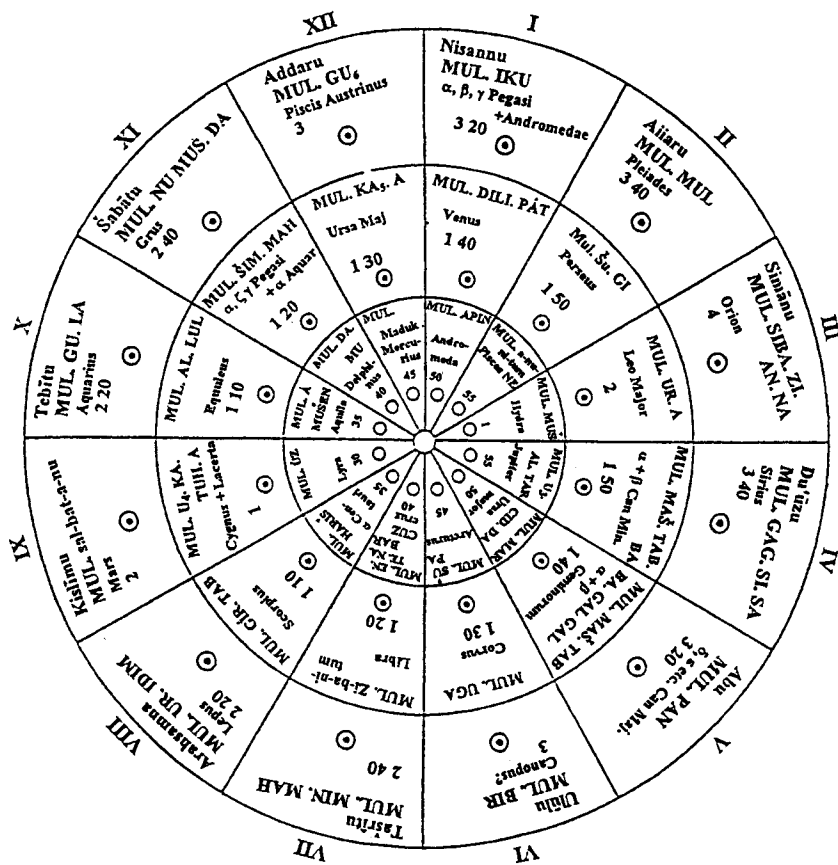



Fig. 10 The reconstructed diagram of the Babylonian planisphere by Schott (1934)

A modified Babylonian system of 36 stars dating to c. −700 is found in the texts of the *Mul Apin* tablets series. ① Except for eight bright stars somewhat far from the equator, the 28 stars are within an equatorial belt about 30° in width. This system, consisting only of fixed stars, is more advanced than the planisphere. By this time, the Chinese *xiu* system had also been expanded into its final form, as indicated by records found in the *Yue Ling* 《月令》(*Monthly Ordinances of Zhou*). All but four of the 28 *xiu* (nos. 7, 18, 23, and 26) are mentioned in the *Yue Ling*. Comparing the 36-star system of the Mul Apin with 28-*xiu* system, we still find no evidence of transmission in either direction.

---

① E. F. Weidner (1924).

The Babylonian three-road divisions may be compared with the combination of the *zhong-guan* 中官 *and wai-guan* 外官 with the 28 *xiu* in the Chinese system.① In this case, the *zhong-guan* corresponds to the region of the inner road (*Enlil*), the *wai-guan* to the region of the outer road (*Enūma*), and the 28 *xiu* to the region of the central road (*Anu*). Such a division of the sky for celestial cartography is a logical extension of the equatorial *xiu* system, and is not due to the influence of the Babylonian three-road divisions.

It is perhaps worthwhile to note that, even by around −700, concepts such as the celestial equatorial and ecliptic systems were probably not well developed. They were certainly not as clearly defined as they are in modern astronomy. In the Babylonian system, the selection of the central-road stars along a 30° equatorial belt can be considered an intermediate step towards either an equatorial or an ecliptic system. Thus, the fact that the Seleucid Babylonian cuneiform texts of the −3rd and −2nd century give great prominence to the zodiac and made exclusive use of ecliptic coordinates, should not be surprising. This can be attributed to parallel, independent developments in science.

4 A Comparison of the Union of Acoustics and Astronomy

The intuitive idea that harmonic sound is in some way associated with astronomical phenomena must have been rather appealing and readily acceptable to early students of nature. Attempts to associate acoustics with astronomy can be found in a number of ancient civilizations. The association of acoustics with astronomy in ancient Greece and Babylonia, as well as in China, has been discussed by Needham and Robinson. They concluded that the appearance of such associations in the Chinese and Greek civilizations is a consequence of transmission from the Babylonian civilization. Such an association is also used by McClain in his claim of a Babylonian origin. A relevant question here is to what extent can ideas, which are common to different civilizations, be viewed as more than a part of human nature and as evidence of transmission?

In this section, we review some of the ancient work based on assumed relationships between acoustics and astronomy. We emphasize that, owing to their common nature, relationships that are based on spiritual, philosophical or religious interpretations, though of great cultural interest, are not considered here.

4.1 The Babylonian Pitch-Season Relation

As an example of Babylonian association of harmonic ratios with astronomical phenomena, Needham and Robinson quoted the determination of seasons told in the *Moralia* by Plutarch:

> The Chaldeans say the Spring stands to Autumn in the relation of a Fourth, to Winter in the relation of a Fifth, and to Summer in the relation of an Octave. But if Euripides makes a correct division of the year into four months of Summer, and of Winter a like number, of well-loved Autumn a pair, and of Spring a like number, the

① For an account of the *zhong-guan* and *wai-guan* in English, see Needham (1959), p. 263−265.

seasons change in the octave proportion. ①

According to Plutarch, Babylonians considered the division of four seasons to be governed by harmonic ratios. Needham and Robinson comment that "the numbers which give these proportions are in fact spring 6, autumn 84, winter 9, and summer 12, the numbers used by Pythagoras for the musical consonances". From these numbers and the relation that the four seasons equal 12 months, they calculated the seasons in Babylonia as spring 2.1 (i.e. 72/35) months, autumn 2.7 (i.e. 96/35) months, winter 3.1 (i.e. 108/35) months, and summer 4.1 (i.e. 144/35) months.

Obviously, division of seasons is not given by harmonic ratios. In their discussion of misapplication of harmonic laws as an indication of a foreign origin of the laws, Needham and Robinson did not cite the Babylonian "pitch-season" relation as an example of such misapplications. One could equally argue that the misuse of harmonic ratios here indicates that the harmonic laws in Babylonia also had a foreign origin.

4.2 The Greek Celestial-Sphere—Pitch Relation

One well-known example of acoustics-astronomy association in Greek civilization is the "harmony of spheres" (or "music of spheres"). In the Pythagorean scheme, the universe is powered by a central fire around which, moving in circles, are celestial bodies such as the sun, moon, earth, and the invisible counter-earth, all assumed to be spheres. According to their distances from the center, the whirling celestial bodies produce tones which are in harmony with each other. Reproduced below is the intervallic structure of the heavenly spheres:

Earth	
	whole tone
Moon	
	semitone
Mercury	
	semitone
Venus	
	minor third
Sun	
	whole tone
Mars	
	semitone
Jupiter	
	semitone
Saturn	
	minor third
Fixed Stars	

proposed later by Pliny the Younger. ②

One of the obvious questions to ask is why no one has ever heard the harmonic tones of the "music of spheres"? According to Aristotle, the Pythagoreans offered the following explanation: the reason that one does not hear such tones is because, having heard them from birth, one has become accustomed to them. ③ This fanciful idea was taken up by a number of later scholars who invented various schemes to produce harmonic ratios for the tones of celestial spheres. In the 17th

① Plutarch, *Moralia*, see Needham and Robinson (1962), vol. 4, p. 181.

② From the *Historia Naturalis* by Pliny, see Colin A. Ronan (1961), p. 192.

③ See for example Aristotle's, comments on Pythagoreans in his *De Celo*.

century, for example, Johannes Kepler sought the "harmony of spheres" from the orbital velocities of the planets at the perihelion and aphelion points of their orbits. ①

4.3 The Union of Acoustics and Astronomy in Ancient China

Examples of associating acoustics with astronomy are also found in the Chinese civilization. But no examples are found in which harmonic ratios are explicitly used in the determination of astronomical phenomena such as those of the Babylonian and Greek civilizations discussed above.

4.3.1 Pitch Generation and Sunlight Range

Among the extant records, the only example that made use of numbers from acoustics for calculations in astronomical work, is found in the work of Chen Zi 陈子 as recorded in the *Zhoubi Suanjing*《周髀算经》(*Mathematics Classics of Zhōu Gnomons*). In this work, Chen Zi assumed that the apparent daily motion of the sun is orbiting around the north celestial pole in a plane which is parallel to the plane of the earth's surface, which is assumed to be flat. To account for the phenomena of daylight and darkness within his model, Chen Zi argued that, just as "the region in which one can hear is determined by the propagation range of the sound", "the region in which one can see is determined by the propagation range of the light"人所望见远近,宜如日光所照. He assumed that the projected sunlight on the flat earth surface is in the form of a spotlight illuminating continuously different parts of the earth as the sun orbits. For the diameter of the sunlight projected on the surface of the earth in which one is able to see, he came up with the value 810 000 *li* 里 (Chinese mile). Obviously, there are a number of problems with this interpretation of sunlight visible on the earth.

The interest here is the number for the diameter which possibly was obtained by adopting the number 81 from musical acoustics. Consequently, this work may be viewed as an example of associating acoustics with astronomy. ② A noticeable difference between this example and those identified with Babylonian and Greek works is that the number adopted here is not the ratio of consonances, but a number used to generate the musical scale. ③

4.3.2 The Relation between Calendrical and Pitch Systems

Examples of associating acoustics with astronomy in the Chinese civilization are found primarily between the tonal system and the calendar. In the *Yue Ling*《月令》(*Monthly Ordinances of Zhou*), we have the following list of association between month and pitch:

1st month of Spring	*Tai-cu* 太蔟
2nd month of Spring	*Jia-zhong* 夹钟
3rd month of Spring	*Gu-xian* 姑洗

① See the *Harmonices Mundi libri V* by Johannes Kepler (1571–1630).

② In a discussion of methodology with his student, Rong Fang 荣方, as recorded in the *Zhoubi Suanjing*, Chen Zi 陈子 emphasized the importance of "learning from similar and related methods and observing similar and related phenomena"同术相学,同事相观. Here, Chen Zi considered that the properties of light and sound are similar in nature, but he misunderstood the role of number 81 in generating musical scales.

③ The number 81 is used in *Guan Zi*《管子》for generating the pentatonic scale.

1st month of Summer	*Zhong-lü* 仲吕
2nd month of Summer	*Rui-bin* 蕤宾
3rd month of Summer	*Lin-zhong* 林钟
1st month of Autumn	*Yi-ze* 夷则
2nd month of Autumn	*Nan-lü* 南吕
3rd month of Autumn	*Wu-yi* 无射
1st month of Winter	*Ying-zhong* 应钟
2nd month of Winter	*Huang-zhong* 黄钟
3rd month of Winter	*Da-lü* 大吕

The tonal-calendrical association exemplified by the *Yue Ling* is based on pattern recognition. There is no admixture or cross borrowing of either numerical calculation or physical principles between the two fields. The seasons and months in the calendar were determined based on astronomical observations while the tonal system is calculated from acoustic measurements. This type of association is fundamentally different from those in which numerical relations in acoustics are adopted for the determination of phenomena in astronomy as discussed above.

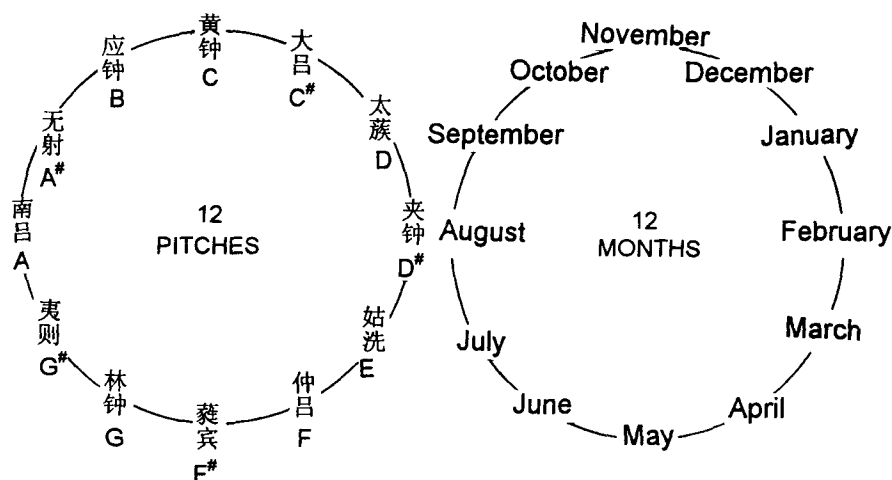



Fig. 11 A comparison of the year cycle in terms of the months with the octave cycle in terms of semitones

It is worthwhile to note that the acoustic and calendrical systems do have certain similarities in their mathematical properties. As shown in Fig. 11, a year is subdivided into twelve lunations just as an octave is subdivided into twelve semitones. However, in nature, a year cannot be evenly divided into twelve exact lunations just as an octave cannot be evenly divided into twelve untempered semitones. A mathematical solution found by the early students of nature in ancient China was to make use of two different month-lengths to divide a year into twelve months and two different semitonal intervals to divide an octave into twelve semitones. This analogy in phenomena and similarity in solutions were rather obvious. This was probably one of the reasons why the potential association between acoustic and calendrical systems was fascinating to scholars. Eventual-

ly, such an association was institutionalized in the Chinese civilization. Beginning with the Han 汉 dynasty many Chinese official historical records, with the noticeable exception of the *Shiji*《史记》(*Historical Records*), have presented the two fields together under the title "*Lü-Li Zhi* 〈律历志〉."

There is no doubt that the practice of associating acoustics with astronomy was common in ancient Babylonia, China, and Greece, but the actual implementation of this association in China was not similar to those in Babylonia and Greece. The differences exemplified by the extant records cast significant doubt upon the conclusion that such associations found in the three civilizations is the result of transmission.

5 Conclusion

The comparative study presented above reveals that acoustics and astronomy in the Babylonian and Chinese civilizations had, on one hand, some common discoveries and, on the other hand, a number of characteristic differences in their approaches and achievements. Since the acoustic and astronomical phenomena are all a part of nature and their principles are universal, it is not unexpected that studies of these same natural phenomena would come up with identical discoveries even in different civilizations. Thus the common recognition of celestial regularities and seasonal relations as well as the discovery of the same harmonic ratios : 3/4, 2/3 and 1/2, in both civilizations cannot be construed as sufficient evidence for transmission. One needs to analyze the development and discovery process and to trace for evidence of transmission.

Needham's suggestion that the use of the meridian passage of star-groups for determination of seasons recorded in the *Yáo Diăn* is a remnant of a very ancient observational tradition of the Babylonian civilization, cannot be substantiated by the present available historic records. There is no Babylonian record of comparable antiquity on an equatorial system. The central road (stars of *Anu*) of the Babylonian planispheres found in cuneiform tablets does not correspond to such a true equatorial system. On the basis of the available records, the Chinese equatorial system is an indigenous development and was not developed under the Babylonian influence.

In calendrical science, one finds that both ancient Babylonians and Chinese made use of an intercalation scheme to keep lunations in step with the seasonal year; the development of procedures in the two civilizations was, however, not the same. The Babylonian cuneiform tablets show that the changeover from the 3 - 8 intercalation procedure to the 7 - 19 intercalation took place between −504 and −482 while the 7 - 19 intercalation procedure in the Chinese civilization appeared a century earlier. At the present, there is no definitive information to indicate the origin(s) of the intercalation scheme. In the Chinese civilization, the procedure is first discussed in the *Yao Dian*《尧典》(*The Canon of Yao*), based probably on an oral tradition from the *Yao* 尧 period (c. −2400), and records of intercalation are found in the shell-bone inscriptions of the *Yin* 殷 period (−14th century) of the Shang 商 dynasty. In the Babylonian civilization ,records of intercalation are also found very early in the cuneiform tablets of the Hammerabi period (−1728 to −1686). Though intercalation is a man-made procedure, it is, however, a straight-

forward simple procedure. One cannot a priori eliminate the possibility of a separate invention and independent origins of the procedure. Further studies are apparently required before a conclusive statement can be made.

The hypothesis of Needham and Robinson of a Babylonian origin of harmonic ratios and the claim of McClain of a Babylonian tradition of the Chinese tonal system are not in agreement with historic records, especially in view of the new archaeological discoveries of musical instruments. The discovery in 1987 of a Neolithic seven-hole bone flute (*qi-kong gu-di* 七孔骨笛, code M282:20),① dated to the −6th millennium and capable of producing a total of eight tones in a heptatonic scale (see Sec. 2.2.1), indicates that tonal systems in Chinese civilization has an exceptionally long history. The existence of such a Neolithic heptatonic scale casts significant doubt on the claims of a foreign origin of Chinese musical acoustics. The discovery of the Marquis Yi 乙 musical instruments reveals that in the same century in which the Pythagoreans are said to have constructed the heptatonic scales, chromatic scales had already been developed and successfully encased in set-bells in the Zeng 曾 State.

The study on the union of acoustics and astronomy in the three ancient civilizations discussed here (Sec.4) reveals there is no basis to McClain's claim that all of the tonal-calendrical associations in China can be traced to the mythology of Enūma-Elish the Babylonian creation myth, at least fourteen centuries before the Zeng bells were cast. His view that only when the octave ratio 2∶1 is expanded, using the Babylonian cycle of 360 units to 720∶360, can there be sufficient integers at the appropriate ratios to define a twelve-tone scale satisfactory to the ancient affection for perfect symmetry, has no relation to the Chinese derivation. Not only was the Chinese twelve-tone scale system not derived from the 720∶360 ratio, but the ancient Chinese circle was not divided into 360 but $365\frac{1}{4}$ units.

References*

Academia Sinica Archaeological Institute, and Xi'an Banpo 西安半坡 Museum. *Xi'an Banpo* 西安半坡. Beijing: Wenwu Publications, 1963.

Amiot, Jean Joseph-Marie. Mémorie sur la Musique des Chinis tant anciens que modernes. (written in 1776) *Mémoires concernant l'Histoire, les Sciences, les Arts, les Maurs et les Usages, des Chinois, par les Missionnaires de Pèkin. Paris*, 1776—1814. 1780(6):1

Amiot, Jean Joseph-Marie. Essay on the Sonorous Stone of China. in the Mémoire sur la Musique des Chinis tant anciens que modernes. (written in 1776) *Mémoires concernant l'Histoire, les Sciences, les Arts, les Maurs et les Usages, des Chinois, par les Missionnaires de Pékin, Paris*, 1776—1814, 6,1(1780).

Aristotle. Metaphysics Ⅰ.1.

Bartholomew Wilmer T. *Acoustics of Music*. New York:Prentice Hall:1952.

Bezold, C. Sze-ma Ts'ien und die babylonische Astrologie. *Ostasiatische Zeilschrift*. 1919(8):42-49

Biot, J. B. *Études sur l'astronomie Indienne et sur l'astronomie Chinoise*. Paris: Lévy, 1862.

Boethius. *De Institutione Musica*. (see Friedlein)

① See Henan 河南 Research Institute of Cultural Relics (1989).

* For Chinese books and documents before +1800 see the Bibliography.

Chavannes, E. *Les Mémoires Historiques de Se-Ma Ts' ien* vol. 3. (Leroux Paris, 1898)

Chen Cheng-Yih (1) 程贞一. *History of Mathematics in Chinese Civilization*. Lecture Notes for Chinese Studies. San Diego: University of California: 1980. 170

Chen Cheng-Yih (2) 程贞一. *Scientific Thought and Intellctual Foundation*. Lecture Notes for Chinese Studies. San Diego: University of Califonia 1981. 170A

Chen Cheng-Yih (3) 程贞一. Early Chinese Work on the Progression of Harmonic intervals in Tonal System. Paper presented at the 3rd International Conference on the History of Chinese Science, Beijing, August 20 - 24, 1984. To be published in the English portion of the Conference Proceeding, ed by Ke Jun (Ko Tsun)柯俊.

Chen Cheng-Yih (4) 程贞一. The Generation of Chromatic Scales in the Chinese Bronze Set-Bells of the - 5th Century. *Science and Technology in Chinese Civilization*. Singapore: World Scientific, 1987, ed. by Cheng-Yih Chen, p. 155 - 197

Chen Cheng-Yih (5) 程贞一 (ed.). *Science and Technology in Chinese Civilization*. Singapore: World Scientific, 1987.

Chen Cheng-Yih (6) 程贞一. The Impact of Archaeology on the Chinese History of Science and Technology. A Public Lecture delivered at the Xia Nai 夏鼐 Commemorative Symposium of the 4th International Conference of the History of Science in China held at the University of Sydney. New South Wales (Australia): May 16 - 21, 1986 (to be published in the proceeding of the conference, edited by Henry Chan 陈民熙).

Chen Cheng-Yih (7) 程贞一. A Reexamination of Early Natural Science in Chinese Civilization. Hong Kong University Press (in press).

Chen Jiujin 陈久金. *Lifa de Qi Yuan he Xian-Qin Si-Fen-Li* 历法的起源和先秦四分历 (The Origin of Calendars and the Pre-*Qin* Quarter Remainder Calendar), *Kejishi Wenji* 科技史文集(*Collected Essays on the History of Science and Technology*). 1978(1):5 - 21

Dai Nianzu 戴念祖. *Zhu Zaiyu—Mingdai de Kexue he Yishu Juxing* 朱载堉——明代的科学和艺术巨星 (*Zhu Zaiyu*: The *Great Scientist and Artist of the Ming Dynasty*) Beijing: *Renmin* 人民 Publ. House, 1986.

Danjiangku 丹江库 Cultural Excavation Team of *Henan*. *Henan Sheng Xichuan Xiasi Chunqiu Chu Mu* 河南省淅川县下寺春秋楚墓 (The Spring-Autumn *Chu Tomb at Xiasi in Xichuan, Henan*). *Wenwu* 文物(Cultural *Relics*). 1980(10):13 - 20

D'Ella, Pasquale M. (ed.). *Fonti Ricciane, Storia dell'Introduzione del Cristianesimo in Cina*, 1597—1611 vol. Ⅱ. Rome: 1949.

Dong Zuobin (1)董作宾. *Anyang Fajue Baogao* 安阳发掘报告 (*Reports from the Excavation at Anyang*), vol. 2. Institute of History and Philology, Academia Sinica. Peking: 1930.

Dong Zuobin (2)董作宾 *Yin-Li Pu* 殷历谱(*The Calendar of the Yin Period*). Academia Sinica, Lizhuang 李庄, 1945.

Edkins, J. The Babylonian Origin of Chinese Astronomy and Astrology. *China Reveiw*. Hong Kong: 1885(14): 90 - 95

Freeman, Kathleen. *Ancilla to the Pre-Socratic Philosophers*. Blackwell, Oxford: 1948; also Harvard University Press. Cambridge, Mass.: 1948.

Friedlein, G. (ed.)Boethius, *De Institutione Musica* (B. G. Teubner, Leipzig, 1867), trans. I. E. Drabkin.

Frissard, Claude. *Musical Life in Ancient Mesopotamia* (Musica, 1954.)

Hashimoto Masukichi 桥本增吉, 'Shokyō(Gyōten)' no Shichūsei ni tsuite'《书经尧典の四中星に就いて》(On the four Stars Culminating at Dusk at the Equinoxes and Solstices, Recorded in the *Yao Dian* of the Historical Classic), *Tōyō Gakuhō*. *Reports of the Oriental Society of Tokyo*. 1928(17):303 - 385

Hemudu 河姆渡 Archaeological Excavation Team. Zhejiang Hemudu Yizhi Dierqi Fajue de Zhuyao Shouhuo 浙江河姆渡遗址第二期发掘的主要收获(*Principle Discoveries of the Second Season of Excavation at Hemudu* Site

in *Zhejiang*). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*)1980(5):1-15

Henan 河南 Research Institute of Cultural Relics. *Henan Wuyang Jiahu Xinshiqi Shidai Yizhi Dier zhi Liu Ci Fajue Jianbao* 河南舞阳贾湖新石器时代遗址第二至六次发掘简报(A Report of the Second to the Sixth Excavations of the *Jiahu* Neolithic Site at Wuyang,Henan). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*). 1989(1):1-14,47 (1989).

Huang Jianzhong 黄建中,Zhang Zhenjiu 张镇九,and Tao Dan 陶丹. *Leigudun Yihao Mu Tianwen Tuxiang Kaolun* 擂鼓墩一号墓天文图象考论(A Textual Research on the Astronomical Diagrams in No. 1 Tomb of Leigudun).Journal of the Central China Teachers College.1982(4):29-39

Huang Xiangpeng 黄翔鹏. *Wuyang Jiahu Gudi Zhi Ceyin Yanjiu* 舞阳贾湖骨笛之测音研究(Tonal Measurement and Its Interpretation of the Bone Flute of *Jiahu* , *Wuyang*). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*.1989(1):15-17

Hubei 湖北 Provincial Museum. *Suixian Zenghou Yi Mu Zhong-Qing Mingwen Shiwen* 随县曾侯乙墓钟磬铭文释文(Decipherment of the *Zhong-Qing* Inscriptions of Marquis Yi Tomb of the Zeng State at *Suixian*). *Yinyue Yanjiu* 音乐研究(*Music Research*).1981(1):3-16

Hunt,Frederick Vinton. *Origin in Acoustics*. New Haven:Yale University Press:1978.

Iamblichus. *Introductio Nicomachi Arithmetic*(Tennulius'ed).

Jao Tsung-I 饶宗颐(ed.)*Jiaguwen Tongjian* 甲骨文通检. *A Systematic Investigation of the Shell-Bone Inscriptions*, Vol.2. Hong Kong:Chinese University Press,1990.

Kepler,Johannes. *Harmonices Mundi libri V*. 1618.

Kramer,S.N. *History Begins in Sumeria*. Arthand:1957.

Kranz,W.(ed.). *Die Fragmente der Vorsokratiker*,5th edition. Wiedmann,Berlin,1934—1937; Hermann Diels (ed.). 1st edition,1903.

Kugler,F.X. *Sternkunde und Sterndienst in Bable*,vol. Ⅱ. Aschendorff,Münster:1909.

Leigudun 擂鼓墩 Archaeological Team of the First Tomb in *Suixian*. *Hubei Suixian Zenghou Yi Mu Fajue Jianbao* 湖北随县曾侯乙墓发掘简报 (A Brief Report on the Excavation of the Marquis Yi Tomb of the *Zeng* State at *Suixian*, *Hubei*). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*).1979(7):1-16

Li Chunyi(1) 李纯一. *Guanyu Yin Zhong de Yanjiu* 关于殷钟的研究 (On the Research of *Yin* bells). *Kao-Gu Xue-Bao* 考古学报 (*Acta Archaeologica Sinica*).1957(3):41-50

Li Chunyi(2) 李纯一. *Zhongguo Gudai Yinyue Shi Gao* 中国古代音乐史稿 (*Notes on the History of Music in Ancient China*). Beijing:Yin-Yue 音乐 Publisher,1981.

McClain, Ernest G. The Bronze Chime Bells of the Marquis of Zēng:Babylonian Biophysics in Ancient China,*J. Social. Biol. Struct*. 1985(8):147-173

Needham,Joseph (with Kenneth Robinson). Sound (Acoustics) in *Science and Civilization in China*, vol.4,sec. 26(h).(Cambridge: Cambridge, University Press,1962.

Needham,Joseph. *Science and Civilization in China*, vol 3.Cambridge: Cambridge University Press,1959.

Neugebauer (1),O. *The Exact Sciences in Antiquity*. 2nd edn. Brown University Press,Providence,RI,1957.

Neugebauer (2),O. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, parts 1-3. New York: SpringerVerlag, 1975.

Neugebauer (3),O.(ed.). *Astronomical Cuneiform Texts*, vols 1-3. Lund Humphries,London,n.d.

Nicomachus of Gerasa,*Encheiridion Harmonices* (2nd century). See Marcus Meibom.

Oldenberg, H. Nakshatra und Sieou, *Nachrichten von der Konigl. Gesellsch* (*Akademie*) *der Wissenschaften zu Gottingen* (*Philologish-Historische Klasse*),1909.544-567

Pannekoek,A. *A History of Astronomy*. London:Simson Shand,1961.

Parker ,R.A. and Dubberstein,W.A.Babylonian Chronology. Providence,RI:Brown University Press,1956.

Pinches ,T.G.Sumerian Cryptography.*Journal of the Royal Asiatic Society*.1909.75-96

Plutarch, *Moralia* Creation of Soul (translated by John Phillips, 1694).

Qiu Xigui 裘锡圭. *Tantan Suixian Zenghou Yi Mu de Wenzi Ziliao* 谈谈随县曾侯乙墓的文字资料(A Discussion on the Written Material from the Marquis Yi Tomb of Zeng at Suixian). *Wenwu* 文物 (*Cultural Relics*). 1979(7):25 – 33

Ronan, C. A. *Changing Views of the Universe*. New York: Macmillan, 1961.

Sacks, A. *Late Babylonian Astronomical and Related Text Copied by Pinches and Strassmaier*. Brown University Press, Providence, RI, 1955.

Schott, A. Das Weiden der Babylonisch-assyrischen Positions-astronomie und einige seiner Bedingungen, *Zeitschrift der Deutsch Morgenlandischen Gesellschaft*. 1934(88):302 – 337

Schroeder, O. *Keilschrifttexte aus Assur verschiedenen Inhalts*. Teubner, Leipzig, 1920.

Shandong 山东 Provincial Cultural Relics Management and Jinan 济南 Museum, *Dawenkou* 大汶口. Beijing Wen Wu Publications, 1974.

Shao Wangping 邵望平. *Yuangu Wenming de Huohua—Taozun shang de Wenzi* 远古文明的火花——陶尊上的文字 (A Spark of Ancient Civilization—Writings on Pottery Vesselss). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*. 1978 (9):74 – 76

Shinjo Shinzo 新城新藏. *Dongyang Tianwenxueshi Yanjiu* 东洋天文学史研究 (*Researches on the History of Astronomy in East Asia*). Chinese Science and Art Society. Shanghai: 1929. Chinese translation by *Shen Xuan* 沈璿.

Tang Lan 唐兰. *Guanyu Jiangxi Wucheng Wenhua Yizhi yu Wenzi de Chubu Tansuo* 关于江西吴城文化遗址与文字的初步探索 (A Preliminary Study of the Wucheng Cultural Stratum and the Writings in *Jiangxi*). *Wenwu* 文物(*Cultural Relics*). 1975(7):72 – 76

Thibaut, G. On the Hypothesis of the Babylonian Origin of the So-Called Lunar Zodiac. *Journal of the Asiatic Society of Bengal*. 63, 144 – 63, 1894.

van der Waerden, B. L. *Science Awakening* Ⅱ. *The Birth of Astronomy*. Leyden: Noordhoff International Publishing, 1974.

Wallis Budge, E. A. (ed). *The Cuneiform Texts from Babylonian Tablets*. vol. 26. London: British Museum, 1909.

Wallis Budge, E. A., (ed.). *The Cuneiform Texts from Babylonian Tablets*. vol. 33. London: British Museum, 1912.

Wang Jian-Min 王健民, Liang Zhu 梁柱, and Wang Shengli 王胜利. Zenghou Yi Mu Chutu de Ershiba Xiu Qung-Long Bai-Hu Tu 曾侯乙墓出土的二十八宿青龙白虎图(A Diagram of the Twenty-Eight Star Groups with a Green Dragon and White Tiger Unearthed from the Tomb of Marquis Yi). *Wen-Wu* 文物(*Cultural Relics*)1979(7):40 – 45

Wang Tao 王韬. *Chunqiu Shuorun Zhiri Kao* 春秋朔闰至日考 (Studies of the Lunisolar Intercalation Procedures of the *Chun-Qiu Period*). Shanghai: *Mei-Hua* 美华 Publishing House, 1889.

Weidner, E. F. *Handbuch der Babyloniaschen Astronomie*, *I*. *Der Babylonische Fixsternhimmel*. Hinrichs, Leipzig, 1915. Assyriologische Bibliothek, No. 23.

Weidner, E. F. Ein Babylonisches Kompendium der Himmelskunde. *American Journal of Semitic Languages and Literature*. 1924(40):186 – 208

Wen Rengjun 闻人军. *Kaogongji Chengshu Niandai Xinkao* 考工记成书年代新考(A New Investigation of the Date of *Kaogongji*). *Wenshi* 文史(*Cultural History*). 1984(23):31 – 39

Winnington-Ingram, R. P. *Mode in Ancient Greek Music*. Adolf M. Hakkert, Amsterdam, 1968.

Xi Zezong 席泽宗. New Archaeoastronoimcal Discoveries in China. *Archaeoastronomy*. *Center for Archaeoastronomy*. 1984(7):34 – 45

Yabuuchi Kiyoshi 薮内清. *Chugoku no Temmongo Rekiko* 中国の天文历法(*Calendrical Science in China*). Tokyo: Heipon 平凡 Publishing House, 1969.

Yang Yinliu 杨荫浏. *Zhongguo Gudai Yinyue Shi Gao* 中国古代音乐史稿 (*Notes on the History of Music in Ancient China*). Beijing: *Renmin Yinyue* 人民音乐 Publisher, 1981.

Ye Xuexian 叶学贤, Jia Yunfu 贾云福 Zhou Sunlu 周孙禄 and Wu Houpin 吴厚品. *Huaxue Chengfen Zuzhi Rechuli Dui Bianzhong Shengxue Texing de Yingxiang* 化学成分、组织、热处理对编钟声学特性的影响 (The Influence of Chemical Composition, Structure and Heat Treatment to the Acoustic Properties of Set-Bells.) *Jiang-Han Kao-Gu* 江汉考古(*Jiang Han Archaeology*). 1981(1): 31-41

Yu Xingwu 于省吾. *Guanyu Guwenzi Yanjiu de Ruogan Wenti* 关于古文字研究的若干问题(Some Problems Concerning the Study of Ancient Writing). *Wen-Wu* 文物(*Cultural Relics*). 1973(2): 32-35

Zhao Zhuangyu 赵庄愚. *Cong Xingwei Suicha Lunzheng Jibu Gudian Zhuzuo deXingxiang Niandai ji Chengshu Niandai* 从星位岁差论证几部古典著作的星象年代及成书年代(The Use of the Precession of the Equinoxes for Dating the Star Phenomena Recorded in the Chinese Classics). *Kejishi Wenji* 科技史文集(*Collected Essays on the History of Science and Technology*). 1983(10): 69-92

Zhejiang 浙江 *Cultural Relics Management*. *Qianshanyang Diyi, Er Ci Fajue Baogao* 钱山漾第一、二次发掘报告 (Report of the First and Second season of Excavation at Qian shang yang). *Kaogu Xuebao* 考古学报(*Acta Archaeologica Sinica*). 1960(2).

Zhu Kezhen 竺可桢. *Ershibaxiu Qiyuan zhi Shidai yu Didian* 二十八宿起源之时代与地点(*On the Place and Time of Origin of the Twenty-Eight Xiu*). *Qixiang Xuebao* 气象学报(*Meteorological Magazine*). 1944 (18): 1-30

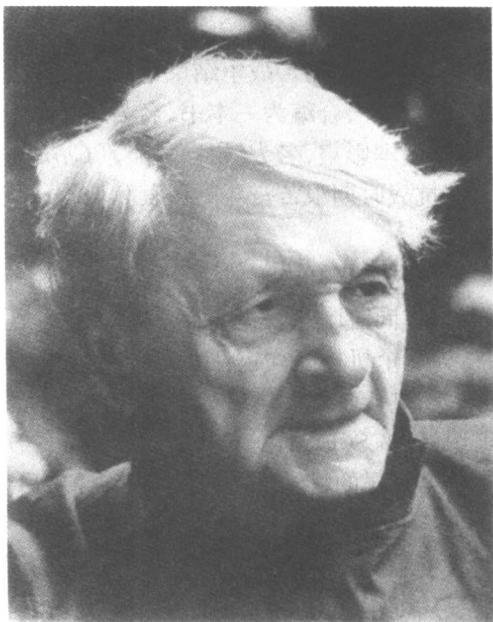
〔This paper was published in *Two-Tone Set-Bells of Marquis Yi*, ed. by Joseph C. Y. Chen Singapore: World Scientific Publishing Co., 1994〕

杰出科学史家李约瑟

1994 年 6 月 8 日，李约瑟博士已在中国科学院第七次院士大会上被选为中国科学院首批外籍院士。作者在投票选举前(6 月 7 日下午)，以本文就李约瑟博士的学术生涯及其对中国科学事业所做的贡献，向院士大会介绍。

李约瑟(Joseph Needham)是英国人，生于1900 年 12 月 9 日，现已 94 岁高龄，但仍在坚持工作，担任着李约瑟研究所名誉所长。他是伦敦皇家学会会员(FRS)和英国学术院院士(FBA)。在英国同时兼有这两个称号的，现在可能只有他一个人。1992 年英国政府又授予他以勋爵(Companion of Honour)，所以现在他名片上印的是："Dr. Joseph Needham, CH, FRS, FBA"。他又是美国国家科学院外籍院士，美国艺术和科学院外籍院士；丹麦皇家科学院外籍院士；国际科学史研究院院士，曾于1972—1975 年担任国际科学史和科学哲学联合会主席；他是中国科学院和中国社会科学院名誉教授，是中国国家自然科学奖(1983 年度)一等奖获得者。迄今为止，中国自然科学奖授予外国人者，只有这一次。

李约瑟博士

李约瑟从小就很聪明，8 岁就会骑马和打字，14 岁开始参加外科手术，18 岁成为皇家海军预备队军医，同年进入剑桥大学读书，后来成为诺贝尔奖的获得者霍布金斯(F. G. Hopkins, 1861—1947)的研究生。1924 年获博士学位后，一直在剑桥大学生物化学实验室工作，先是研究人员，1927 年起担任实验指导，1933 年起任高级讲师。李约瑟的早期研究工作是肌醇和其他胞质环流的新陈代谢，用一句通俗的话来说，就是研究血红蛋白是怎样在鸡蛋孵小鸡的过程中形成的。这项研究导致了他在 31 岁时有三卷本的《化学胚胎学》(*Chemical Embr yology*)[1]出版，每卷 600 多页。这部书开创了一门新的学科，一时间全世界有 100 多种学术期刊发表评论，后来曾任联合国教科文组织第一届总干事的朱利安·赫胥黎(Julian Huxley, 1887—1975)(《天演论》作者赫胥黎的孙子)在英国《自然》杂志上说：和林奈的《自然系统》、达尔文的《物种起源》一样，"这本书自成一本经典名著……它向全世界宣布，生物学的这门分支学科将从此完全有权利在它自己的领域中名正言顺地树立起来"。[2]

正当李约瑟在生物化学领域阔步前进的时候,1937年发生了戏剧性的变化。这一年,他的实验室来了三位中国留学生:王应睐、沈诗章和鲁桂珍(1903—1991)。他们的突出表现,使李约瑟认识到,能培养出这样优秀学者的国度,必然有优秀的人民和优秀的文化。于是他对中国发生了极大的兴趣;已经通晓法文、德文、拉丁文和希腊文的他,为了真正了解中国,又开始学中文。

由于有这样一个背景,1942年英国政府选派驻华大使馆科学参赞时就挑中了他。他于1943年初来到中国,这时国共两党已处于貌合神离状态,他觉得作为外交官,很难有所作为;作为科学家,作为中国科学家的朋友,则大有可为。于是离开大使馆,在英国文化委员会的支持下,组建中英科学合作馆并自任馆长,在英国和印度购买中国科学界所需要的图书、仪器和试剂,分赠给国内有关单位;同时也把中国科学家的论文推荐给国外学术刊物发表。

为了了解中国科学家的需要,李约瑟乘着一部载重2.5吨的卡车,历尽千辛万苦,跑遍了尚未沦陷的十个省份,西北至甘肃玉门油田,东南到福州,访问了300多个大学、科研单位、医院和工厂,结识了上千位学术界人士,竺可桢当时称赞他是一位雪中送炭的朋友。

李约瑟还把他参观访问了解到的情况,写成9篇报告在英国《自然》杂志发表,并通过BBC电台向全世界广播。战争结束以后,他和他的夫人将这些报告和旅行日记,以及中英科学合作馆的一些文件,合编为一本书,名为《科学前哨》(*Science Outpost*)[3];又将他们所拍的97幅照片,出了一本影集,名为《中国科学》(*Chinese Science*)[4]。两书向全世界展示了中国老一辈科学家在抗战时期艰苦奋斗的历程和取得的优异成果,至今为人们所珍视,前者已于1986年被译成日文[5]。

李约瑟在华办中英科学合作馆的经验,还产生了深远的世界影响。1945年联合国成立的时候,想在同盟国家教育部长会议的基础上,建立一个永久性的教育文化机构。李约瑟闻讯之后,认为这个机构必须包括发展科学在内,便从重庆发表了三个长篇备忘录,向各国科学界和政界人物进行游说。主持筹备工作的朱利安·赫胥黎终于接受了他的建议,这就是联合国教科文组织(UNESCO)的由来。因为S(Science)是李约瑟主张加进去的,朱利安·赫胥黎也就请他去担任第一届的科学部主任;他在离任之后,又被聘为联合国教科文组织的荣誉顾问,一直到今天。

急于展开大规模的中国科学史研究的李约瑟,于1946年离开中国后,在巴黎联合国教科文组织只工作了两年,就返回剑桥。此时虽仍教生物化学,但更多的精力已花费在收集有关东亚科学史的图书和准备编写《中国科学技术史》的工作上。

由他组织、设计和作为主要撰稿人的《中国科学技术史》(*Science and Civilisation in China*,简称SCC)于1954年开始出第一卷[6],到今年是整40周年。按照他当初拟的提纲[7],这部书本来准备出七卷,但收集的材料随着时间的推移越来越多,从第四卷起就分册出版,最终将为七卷34册[8]。目前虽只出版了15册,还不到全书的一半,但就数量来说,已超过世界上科学史三大名著的总和,这三大名著是:(1) 美国萨顿(G. Sarton)的《科学史导论》(*An Introduction to the History of Science*),巴尔的摩,1927—1948年,共三卷5册;(2) 英国辛格(C. Singer)的《技术史》(*A History of Technology*),牛津,1955—1979年,共六卷;(3) 法国塔顿(R. Taton)的《科学通史》(*Historie générale des sciences*),巴黎,1957—1964年,共四卷,此书有英译本。

因此,美国耶鲁大学科学史教授普赖斯(D. J. S. Price,1922—1983)感慨地说:"就是对于西方各国的科学技术史,也没有人做过如此巨大的综合研究","他在两种文明之间架设桥梁,

这种工作从来没有人尝试过”。[9]

对中国科学技术史作系统而全面的综合研究，李约瑟是首创。他不仅在自然科学方面造诣很深，而且熟悉哲学、历史、文学和多种语言。他有很高的西方文化素养，又对东方文化有着亲身的体验和深刻的理解，因而能将中国科技史放在世界范围内进行比较研究，找出其与各国之间的异同和交流关系，发现其优缺点，做出一般人所做不到的贡献。中国物理学家叶企孙(1898—1977)早在1957年即在《科学通报》撰文说：“全球的学术界将通过这部巨著对中国古代科学技术得到全面的清楚了解。”以毕生精力研究中国科学史的日本学士院院士薮内清于1974年在为SCC日译本《中国的科学和文明》所写的序言中说：“李约瑟除就科学史的各个领域进行深入细致的研究外，还对中国文化有全面的、深刻的理解，日本学者几乎赶不上。阅读此日译本的读者们，大概会在惊叹其知识丰富的同时，对从东西文化的综合所产生的独创见解，以及对过去所不了解的种种新发现产生敬佩之情。对中国的深刻理解，今后愈益需要，而此书是对这种理解最有用的和最大的书籍之一。”[10]

除日本和中国海峡两岸都在进行全译外，翻译这部著作部分内容的国家和地区还有意大利、西班牙、荷兰、丹麦、德国、法国、墨西哥及我国香港。另外，英国罗南(C. Ronan)又在根据其内容写多卷本的《简明中国科技史》(*The Shorter Science and Civilisation in China*)。

英国大历史学家汤因比(A. J. Toynbee，1880—1975)早在这部书出第一卷的时候，就预感到它的重要意义。1954年他在伦敦《观察家报》(*The Observer*)上发表评论说：“李约瑟著作的实际重要性和它的学术价值一样巨大，这是比外交承认还要高出一筹的西方人的‘承认’举动。”[11]40年来的历史证明，汤因比的预见是正确的。李约瑟的著作在批判欧洲中心论上起了重要作用；它改变了汉学研究的面貌，以往的汉学家只注重文史哲，而今则必须把科技史放在视野之内；它把中国科技史在世界范围内形成了一门学科，世界七大工业国，除加拿大以外，目前都建立了中国科技史的研究机构。各国研究中国科技史的人员之间互相联系，自1982年以来每两三年召开一次国际会议，至今已开七次，足迹遍历欧、亚、澳、美四洲。

李约瑟通过他的卓越的工作，把东西两大文明联结起来，其历史功绩将是永远不可磨灭的。由于他对中国人民和中国文明具有深刻的了解和崇高的敬意，所以50多年来对我国一贯友好，解放后8次来华，一直担任着英中友好协会(至1965年)和英中了解协会主席，在英国接待中国科学工作者不计其数。在黄华同志主编的《国际友人丛书》中有王国忠著的一本《李约瑟与中国》[12]，长达64万字，详述了他和我们的友好关系。大家如有兴趣，可以阅读，这里不再多说。

在国际上学术地位极高，对中国科学事业做出如此重大贡献的这样一位老朋友，当选为中国科学院外籍院士应该是当之无愧的。请大家考虑。

参 考 文 献

[1] J. Needham. *Chemical Embryology* (3 Vols.). Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1931; Hafner, New York, 1963.

[2] 鲁桂珍.李约瑟的前半生.李国豪等主编.中国科技史探索(中文版).上海：上海古籍出版社，1986.1—45.

[3] J. Needham & D. M. Needham. *Science Outpost*. London: Pilot, 1945.徐贤恭和刘建康翻译的《战时中国之科学》(上海：中华书局，1947年)，以前被认为是这本书的中译本，这是一个误解，详细考证见胡升华《李约瑟与抗战时期的中国科学》(手稿).

[4] J. Needham. *Chinese Science*. London: Pilot, 1945.
[5] 山田庆儿,牛山辉代合译.科学の前哨(第二次世界大战下の科学者太と).东京:平凡社,1986.
[6] J. Needham. *Science and Civilisation in China*. (7 Vols.)(with many collaborators) Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1954.
[7] 沈海燕译.李约瑟《中国科学技术史》总目,张孟闻编.李约瑟博士及其《中国科学技术史》.上海:华东师范大学出版社,1988.46－103。
[8] 迄今为止,李约瑟《中国科学技术史》原书出版情况是:第一卷导论(318页——原书页数,下同),1954年;第二卷科学思想史(696页),1956年;第三卷数学、天学和地学(874页),1959年;第四卷物理学和物理技术[第一分册物理学(430页),1962年;第二分册机械工程(753页),1965年;第三分册土木工程和航海技术(927页),1971年];第五卷化学和化工技术[第一分册纸和印刷(钱存训执笔,475页),1985年;第二分册炼丹术的发现和发明:点金术和长生术(507页),1974年;第三分册炼丹术的发现和发明:从长生不老药到合成胰岛素的历史考察(478页),1976年;第四分册炼丹术的发现和发明:器具、理论和中外比较(760页),1980年;第五分册炼丹术的发现和发明:内丹(561页),1983年;第六分册军事技术:投射器和攻城术(未出);第七分册火药史诗(693页),1986年;第八分册军事技术:射击武器和骑兵(未出);第九分册纺织:纺纱(D. Kuhn执笔,510页),1988年;第10～14分册,共5本,未出];第六卷生物学和生物技术[第一分册植物学(708页),1986年;第二分册农业(F. Bray执笔,722页),1984年;第三至十册,共8本,未出];第七卷社会背景,全书总结,共4册,未出.
[9] D. J. S. Price. Joseph Needham and the Science of Chinain. in *Chinese Science Explorations of an Ancient Tradition*, ed. by Shigeru Nakayama and Nathan Sivin, MIT Press, Massachusetts, 1973. 9—21
[10] 砺波护等译.中国の科学文明:第一卷.东京:思索社,1974.
[11] 译自《中国科学技术史》原书护封所引.
[12] 王国忠.李约瑟与中国.上海:上海科学普及出版社,1992.

〔原刊《中国科技史料》(北京),第15卷,第3期,1994〕

蟹状星云与中国客星

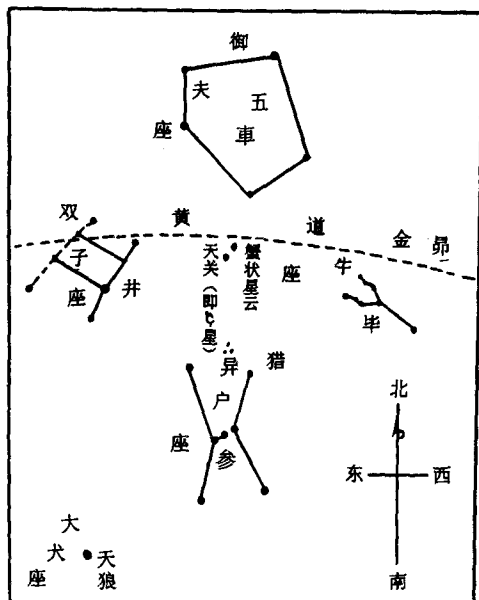
曾经担任过美国原子能委员会主席的麻省理工学院教授韦斯科夫说:“在人类历史上有两个7月4日值得永远纪念。一个是1776年7月4日美利坚合众国的成立;一个是1054年7月4日,中国天文学家记录了金牛座超新星的爆发,这次爆发产生了蟹状星云。”1054年7月4日相当于宋仁宗至和元年五月二十六日,中国古时用干支纪日,这一天的日名为“己丑”。《宋史·天文志》中记载着,这一天“客星出天关东南,可数寸,岁余稍没”。在马端临的《文献通考》(约成书于1280年)中也有同样的记载,但最后二字为“消没”,似乎更确切些。

图1 天关附近主要星宿示意图

《宋史·仁宗本纪》还有一段记载:“嘉祐元年三月辛未,司天监言:自至和元年五月客星晨出东方,守天关,至是没。”嘉祐元年三月辛未对应于公元1056年4月6日,从1054年7月4日到这一天共643天。在这样长的时间里,这颗客星固守天关(金牛座ζ星)附近一直不动,不可能是彗星或太阳系里的其他任何天体,而是近代天文学中所讨论的新星或超新星。(参阅图版Ⅷ)1921年瑞典天文学家伦德马克编制《历史纪录和近代子午观测所得的疑似新星表》时,首次把它列入其中,并且加了一个脚注:“近NGC 1952”,但没有把两件事联系起来。

NGC 1952是蟹状星云在1888年出版的《星云星团新总表》中的号数,在最早的《梅西叶星团星云表》(1771)中则名列榜首,代号为M1,并且说这个星云是英国医生贝维斯于1731年发现的(贝维斯是一位天文爱好者,他有自己的天文台,向皇家天文学会写过许多观测报告,友人曾经提名他当皇家天文学家,后因爬楼梯而摔死,可以说是从事天文观测而殉难的一名烈士)。在贝维斯逝世80多年以后,英国又出现了另一位杰出的天文爱好者——罗斯,他用自制的1.8米大型反射望远镜,对M1进行了几十年的观察,凭肉眼发现了这个星云中的纤维结构,并于1850年左右把它定名为蟹状星云。

蟹状星云的第一张照片是罗伯兹于1892年在0.5米望远镜上拍摄的。1921年邓肯将美国威尔逊山天文台用1.5米望远镜相隔11年多拍的两张照片进行对比时发现,蟹状星云中的纤维物质都在从中心向外运动,这表明它在膨胀。

被誉为星系天文学之父的哈勃于1928年将邓肯的发现和伦德马克的论文联系起来,做了

如下的判断：

“蟹状星云可能是近到能够观测它的星云状物质的第三颗新星。因为它膨胀得很快，按照这样的膨胀速度，只需要大约900年，就可以达到现在这样的大小。因为古代的天象纪录中，在蟹状星云附近只有一次新星出现的记载，这次记载发现于中国的编年史中，这一年就是1054年！”

1928年“超新星”概念还没有出现。把超新星和新星区别开来，是从1934年巴德和兹威基向美国国家科学院提交的一篇论文开始的，到今年才60年。哈勃所指的另外两颗具有星云状物质的新星是1901年英仙座新星、1918年天鹰座新星，这两颗新星周围的星云都在膨胀。

在哈勃思想的影响下，美国利克天文台的梅耶尔和荷兰天文学家奥尔特、汉学家戴闻达联合攻关，于1942年发表了他们合作研究的结果。戴闻达从《宋会要》(成书于1081年)中找到一条重要资料。

“嘉祐元年三月，司天监言：‘客星没，客去之兆也。’初，至和元年五月，晨出东方，守天关，昼见如太白，芒角四出，色赤白，凡见二十三日。”

太白即金星。太白昼见在中国史书记载很多，1874年12月8日金星凌日之前的4天内皆可昼见，当时的视星等为-3.3；因此可以假定视星等为-3.5的天体，只要观测者知道它的位置，白天均可看见。利用这一数据，再加上前面所引《宋史》中的两条数据，便可画出天关客星的光变曲线。结果发现这条曲线和1937年8月出现在河外星系IC4182中的超新星的光变曲线惊人的一致，因此1054年的中国客星应该属于超新星。

除了光变曲线相似外，梅耶尔又想出了另一个考察绝对星等的办法。他对蟹状星云进行了大量的光谱分析。由于蟹状星云在膨胀，它的光谱线就都分裂成两条。测量分裂的宽度，根据多普勒效应的公式，就可以算出它膨胀的线速度。把线速度和从照片上测量出来的角速度结合起来，就可以求出蟹状星云的距离。把这个距离和1054年客星出现时的视星等结合起来，得到这颗客星爆发时的绝对星等为-16.6，比当时从几个河外星系中的超新星所得到的平均绝对星等(-14.3)还要大，这就更进一步证明了它是超新星。太阳的视星等为-26.7，但若把它放在标准距离处(32.6光年)，其绝对星等只有4.8，比1054年的超新星暗21个星等，也就是说1054年超新星爆发时，发光本领比太阳大5亿倍，把它移近到天狼星的位置上(7.8光年)也还有满月那样亮！

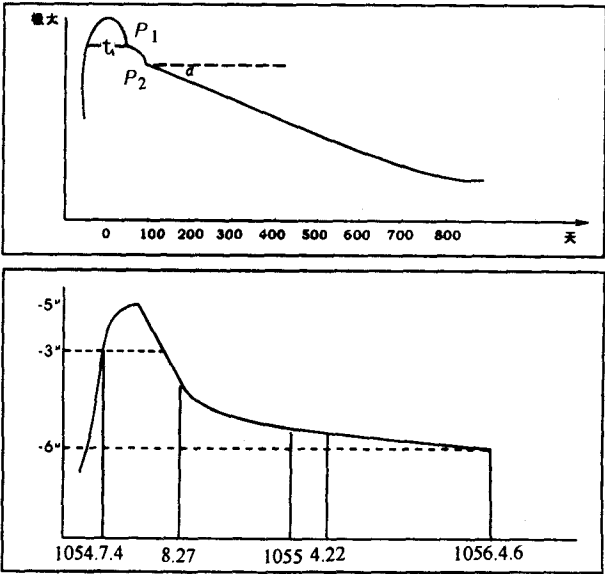



图2 根据中国纪录所绘天关客星光变曲线(下图)和Ⅰ型超新星光变曲线(上图)的比较

t_1=50天，ρ_1和ρ_2之间有隆起，ρ_2之后星等随时间的变化几乎是线性的

不但1054年超新星爆发时，它的辐射本领比太阳大，就是它的遗迹——蟹状星云——现

图 3　蟹状星云（M1）（美国海耳天文台摄）

公元 1054 年 7 月出现的金牛座超新星，由中国史书《宋会要》记载，世人称为中国新星。它的遗迹（爆发过程中抛射的气体）即“蟹状星云”

在的辐射也比太阳强得多。假如有一天我们能用眼睛接受无线电波的话，那么在天空看到的将有好几个太阳，蟹状星云就是其中之一。1949 年以来人们用射电望远镜对蟹状星云在所有无线电波段（从米波到毫米波）上的辐射强度进行了测量，结果发现它的强度和波长之间的关

系不能用黑体辐射定律来解释。所谓黑体就是一个内壁涂黑(刷白也行)的空腔。把黑体加热到各种不同温度,用摄谱仪拍摄从黑体发出来的连续光谱,测量不同波长的辐射强度,就可以得到各种温度下的连续光谱的强度曲线。然后,将天体的连续光谱曲线拿来与这些曲线进行比较,就可以得到该天体的表面温度。我们说太阳表面温度有 6 000℃,就是这样得来的。黑体辐射定律反映的波长与温度的关系,应该适应于电磁波所有波段;但把它用来解释蟹状星云的无线电辐射时却发生了问题。要发射这样强的无线电辐射,它的温度需要在 50 万℃以上,但这是不可能的。1953 年苏联天文学家什克洛夫斯基提出,蟹状星云的辐射不是由于温度升高而产生,即所谓热致辐射,而是另有机制,这种机制叫做“同步加速辐射”。在高能物理研究中,常用同步加速器加速粒子,当粒子加速到接近光速时,就会产生辐射。什克洛夫斯基认为,蟹状星云就是一个庞大的天然同步加速器,速度非常高(接近光速)的电子在它里面绕着磁力线一面做螺旋式运动,一面放射出电磁波。他预言,这种辐射的特点之一是具有很强的偏振性,偏振方向与磁力线的方向互相垂直。果然不出一年,他的预言就被许多观测证实。根据光波和无线电波的偏振强度求出蟹状星云的平均磁场强度为万分之一高斯。这虽比地球表面的平均磁场弱很多,但比它周围星际磁场的却高出 100 倍,正是靠这万分之一高斯的磁场改变了蟹状星云电磁辐射的面貌。

有人说,蟹状星云是个“包藏在秘密之中的秘密的秘密”,解决了一个问题又会产生一个问题。什克洛夫斯基的理论解决了它的辐射机制,但是马上有人问:其中的磁场是怎样产生的?那样多高能电子是从哪里来的?霍伊耳和伯比奇等大天文学家都做出过回答,但都难以令人信服。比较满意的答案却来自一次偶然的发现:蟹状星云中央有个脉冲星,它可以源源不断地提供高能电子流,磁场的产生也与它有关。这次发现获得了 1974 年的诺贝尔物理奖,是天文观测第一次获得这样崇高的荣誉,值得多说几句。

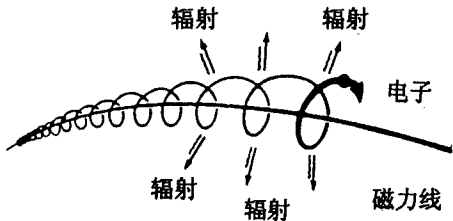



图 4　同步加速辐射示意图

1967 年英国剑桥大学设计了一架由 2 084 个全波偶极天线组成的大型射电干涉仪,整个天线摆成一个长方形矩阵,南北长 45 米,东西宽 470 米,占地面积 2 万多平方米,在 81.5 兆赫(相当于 3.7 米)的波段上,进行每周一次的巡天观测,目的是研究射电源的闪烁现象。可是,在 10 月的一天,突然发现在天空某个固定的方向(狐狸座当中)出现了一种意外的讯号——周期短促而精确的射电脉冲。几个月之后,通过对大量记录的分析,才了解到早在 8 月 6 日(仪器投入使用后仅一个月)就已经记录到这样的讯号了。这种讯号非常有规律,每隔 1.337 秒跳动一次,也就是说发生一次脉冲,两次脉冲之间的间隔叫做脉冲周期,一次脉冲持续的时间叫做脉冲宽度,这种天体叫做脉冲星。其后,在短短几周时间内,又接连发现了三个同类的天体。1968 年 2 月 24 日休伊什和贝尔等在英国《自然》杂志上公布了这一结果后,立即引起了国际天文界的轰动,到 1968 年底在短短的 10 个月时间内,有关论文就发表了 100 多篇,使脉冲星的数目增加到 23 个,蟹状星云中心脉冲星的发现就是其中之一。

蟹状星云脉冲星虽然不是第一个被发现的,但在脉冲星研究的过程中却起了举足轻重的作用。第一,直到 1982 年以前,它是周期最短的脉冲星,只有 0.033 秒;第二,迄今为止,在所有电磁波段上(包括 X 射线和 γ 射线)都能观测到脉冲现象的只有它和船帆座的另一个脉冲星,但那个脉冲星的光学亮度很暗,只有蟹状星云脉冲星的万分之一,很难观测。蟹状星云脉

冲星的光学脉冲则测量得非常准确，而且是人们早已拍过照片的一个天体，原来人们以为它是一颗白矮星。如果脉冲周期是由于白矮星的自转引起，它的周期不能小于1秒，而蟹状星云脉冲星的周期只有千分之33秒，相差太悬殊。因为一个物体自转时会产生离心力，自转速度愈快离心力愈大。离心力能使物体碎裂，一个机器上的木轮子，旋转得太快，会被甩散，但若换成铅球，则很难散裂开来，这和物质本身的密度有关系。白矮星的密度虽然很大，每立方厘米有几千克到几万千克重，但自转周期如果小于1秒，也会碎裂。于是就有人想起30年代已经有人预言过的密度更大的中子星。

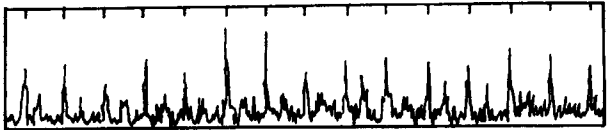



图5 蟹状星云脉冲星光学脉冲记录，各次主脉冲之间的时间间隔准确地为0.033秒

中子星几乎全部由中子组成，它的密度和原子核接近，可以达到每立方厘米1000亿千克以上。这样高的密度可以使它的磁场强度高达一万亿高斯。这样强大的、迅速自转的磁体，在它的南北两个磁极不断地向外发射电磁波束，当电磁波束扫向地球时，我们就看到了脉冲现象，所扫过的时间，便是一次脉冲的脉冲宽度。这个理论很好地解释了已经观测到的现象，并肯定了一种恒星演化理论：超新星爆发时，气体外壳被抛射出去，形成超新星遗迹，例如蟹状星云；而内部核心却迅速坍缩，或形成白矮星，或形成中子星，或形成黑洞，这要由原来恒星质量的多寡来决定。目前已观测到白矮星和中子星两种结果，黑洞正在搜索之中。中子星，只有在它的磁轴方位合适时，才能表现为脉冲星，被我们观测到。

中子星处于恒星演化的晚期阶段，它的内部已经没有热核反应，而它的能量又大得惊人，每时每刻一颗中子星辐射的能量等于几十万个太阳的辐射。这样大的能量消耗，只有靠自转速度的变慢，即动能的减少来补偿，因为它自身也要服从能量守恒定律。自转速度变慢就意味着脉冲周期变长，第一个被观测到自转周期变长的中子星，又是蟹状星云脉冲星。美国普林斯顿大学一个小组用了5年时间才测出它的变化，这个数量很小，只是4.2×10^{-13}秒/秒（用“秒/秒”为单位表示每秒钟内增加若干秒）。用这个数值来除脉冲周期，再用2来除，就可以得到它的年龄，约为1000年，这又和1054年的纪录基本一致。不过，在这里得补充一句，蟹状星云和它的脉冲星，真正年龄不止940年，而应加上光线从它那里来到地球所走的距离6 300光年，即真正年龄为7 240岁。年龄和寿命还不是一回事，脉冲星的平均寿命大约为400万年。如果把它比做百岁寿星，那么蟹状星云和它的脉冲星才是一个刚刚出生两个多月的婴儿！

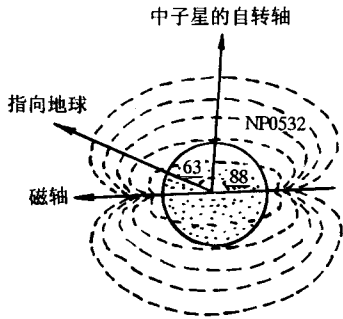



图6 蟹状星云脉冲星迅速自转模型

人们经常引用英国皇家学会会员、曾经担任过美国国立基特峰天文台台长和《天文学与天体物理学述评》主编的伯比奇的话，把当代天文学研究分为蟹状星云的研究和对于其他天体的研究两大类。这话虽有点夸大，但也确实突出了蟹状星云在天文学中的特殊地位。可能除了太阳以外，没有一个天体能像蟹状星云产生出如此多的新理论，并这样快地提供如此众多的观测手段来检验这些理论，本文所述只是它丰富多彩的认识史上的一些片断。

现在要问，蟹状星云是不是独一无二的样本？70年代以前确实如此。70年代开始发现尚

有一些超新星遗迹和蟹状星云类似,因而出现了"类蟹(Carb-like)遗迹"这样的术语。目前大约有十几个超新星遗迹属于此类,而与它最为相似的一个则在大麦哲伦星云内,离 1987A 超新星位置不远的地方,它的脉冲周期为 0.050 秒,有人称它为蟹状星云的双胞胎。这个天体虽在银河系之外,比蟹状星云远 28 倍,但已观察到了它的光学脉冲,并且在光学波段和 X 射线波段观测到了周围的云状物。对于这些类蟹遗迹的研究也许比进一步研究蟹状星云本身会带来更多的对自然界的了解。自然界的奥秘是无穷无尽的,人类认识这些奥秘的能力也是无穷无尽的。

〔原以《蟹状星云 940 周年》为题刊于《天文爱好者》(北京),1994 年第 1 期〕

天文学思想史

一　天人关系

天文学的研究对象是宇宙间的一切物质,大至河外星系,小至星际原子,举凡它们的空间分布、物理状态、化学组成、运动变化、起源演化,无不在探讨之列;但是,近在身边的地球却排除在外,让给地球物理学、地质学、地理学等地学学科去研究。在天文学范围内,只把地球当做一个行星来对待,研究它的形状、大小、运动、起源和演化。但是由于人们认识事物的过程总是由此及彼、由近及远,而且人们观察天象的目的从一开始就是为自己的生产和生活服务的,从天文学思想史来说,第一个遇到的问题就是天人关系、天地关系。在亚述巴尼帕王公图书馆遗址内发掘出来的一块前巴比伦王朝(前 19—前 16 世纪)时期的泥砖(现存伦敦大英博物馆),其上用楔形文字刻着"五月六日金星出东方,天将雨,土地被蹂躏。至翌年一月十日,此星一直在东方,十一日不见。藏匿三个月以后,四月十一日复闪耀于西方,将有战,五谷丰登"。这种应用天象来占卜地上年成丰歉、战争胜负、国家兴亡乃至个人命运的做法,构成了所谓的占星术。它是天文学早期发展阶段的伴生物,世界上天文学发达最早的国家和地区,如巴比伦、中国、埃及、印度和玛雅,以及到近代还处于原始社会的一些民族和部落,占星术都很盛行。

占星术是依据天象进行占卜的。这是促进人们去观察天象的动力之一。巴比伦的星占家们对行星的周期已经观测得很准确,对行星在一个会合周期内的顺行、逆行和停留现象也已了若指掌。但是,巴比伦人的宇宙图像却是十分幼稚的。例如,到了新巴比伦王朝(前 7—前 6 世纪)时期,他们所建立的宇宙图像是:拱形的大地为大洋所环绕,天穹则是大地之上的更大的半球,在天的东西两侧各有一根管子,以供太阳的东升西落。古埃及人认为,宇宙像一只长方形的大盒子,天是盒盖,地是盒底,尼罗河则流过大地的中央。在中国,最早诞生的宇宙图像是天圆地方的盖天说。在古印度,则想像圆盘形的大地负在几头大象之上。这些古代文明地区的民族都未认识到大地是球形的,而且他们都把自己看成位于世界的中心、大地的中央。

二　同心球理论

最早明确提出大地是球形的是古希腊人。古希腊人注重理性思维,力求从自然界本身去解释自然现象,他们并不赞同"天人感应"式的占星术见解。公元前 6—前 5 世纪,毕达哥拉斯学派首先用音乐的和谐来理解天体的运动,形成了最早的天体和谐等观念。从这种和谐观念出发,他们认为地球和天体都是球形的,天体运动的轨道是圆形的,在轨道上的运动速度则是均匀的。但是,事实上行星的运动有时快,有时慢,有时停留不动,有时还有逆行。柏拉图认为这只是一种表面现象,并不能说明毕达哥拉斯学派的信念就错了,他在《蒂迈欧》(Timaeus)里提出了以地球为中心的同心球结构模型。各天体所处的球壳跟地球的距离,由近到远依次是:

月亮、太阳、水星、金星、火星、木星、土星、恒星，各同心球之间由正多面体联结着。柏拉图的模型不能圆满解释行星运动时而顺行、时而逆行的现象。为了“拯救现象”，他的学生欧多克索斯改进了他的同心球宇宙模型。他保留了柏拉图模型中的天体顺序，但对日、月和每个行星的运动分别用一组同心球体系来描述，每组同心球体系由 3 至 4 个同心球构成，这些同心球旋转轴的倾角和旋转速度各不相同，经适当的组合可以解释日、月和行星的运动。

欧多克索斯的同心球并非物质实体，只是理论上的一种辅助工具，可是到了亚里士多德手里，这些同心球成了实际存在的水晶球，而且各水晶球之间组成一个连续的、相互接触的系统。亚里士多德模型不同于柏拉图和欧多克索斯的地方还在于他的天体次序是：月亮、水星、金星、太阳、火星、木星、土星和恒星天，在恒星天之外还有一层宗动天。宗动天的运动则是由不动的神来推动。神一旦推动了宗动天，宗动天就把运动逐次传递到恒星和七曜上去。这样，亚里士多德就把“第一推动力”的思想引进到宇宙学中来了。此外，亚里士多德还进一步发展了两界说：月亮以下的区域是世俗的世界，物质由水、火、气、土四种元素组成；月亮以上的区域是神界，其中基本成分是以太。

三　本轮均轮说

同心球理论除了过于复杂以外，还和一些观测事实相矛盾。首先，它要求各个天体和地球之间的距离不变。可是金星和火星的亮度却时常变化，这意味着它们同地球的距离并不固定。其次，日食有时是全食，有时是环食，这说明太阳、月亮和地球的距离也在变化。为了克服同心球理论所遇到的这些困难，阿波隆尼设想出另一套模型：如果行星作匀速圆周运动，而这个圆周（本轮，epicycle）的中心又在另一个圆周（均轮，deferent）上作匀速运动，那么行星和地球的距离就会有变化（图 1）。通过对本轮、均轮半径和运动速度的适当选择，行星的运动就可以得到恰当的说明。伊巴谷继承了阿波隆尼的本轮、均轮思想，并且又进一步发现，太阳运动的不均匀性还可以用偏心圆（eccentrics）来解释：太阳绕着地球作匀速圆周运动，但地球不在这个圆的中心，而是稍为偏一点。这样，从地球上看来，太阳就不是匀速运动，而且距离也有变化，近的时候走得快，远的时候走得慢。

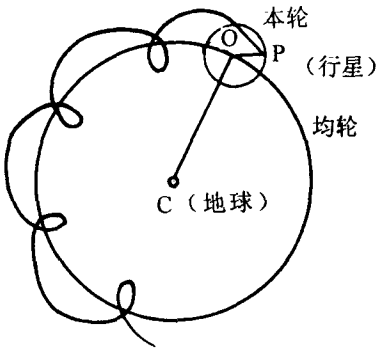



图 1　阿波隆尼提出的本轮、均轮说

本轮、均轮说和偏心圆理论，为 C. 托勒密所发展，他在《天文学大成》中，运用这一理论建立了完整的地心体系。直到 1543 年 N. 哥白尼的《天体运行论》出版，才逐渐为日心体系所取代。

四　日心体系的建立

哥白尼的《天体运行论》是自然科学的独立宣言，标志着近代天文学的诞生；但是他在书中倡导的日心地动说，也可以追溯到希腊，和前述地心日动说的各种模型同样源远流长。毕达哥拉斯学派的菲洛劳斯提出，中央火是宇宙的中心，地球每天绕它一周，月球每月一周，太阳每年一周，行星周期更长，而恒星则是静止的。人为什么看不见中央火？这是因为地球总是以同一

面朝着中央火,而人则住在背着中央火的一面。其后,柏拉图学派的赫拉克利特放弃了中央火的概念,以地球绕轴自转来解释天体的周日运动。再进一步,就是阿里斯塔克提出:太阳处在宇宙的中心,所有行星,包括地球在内,都沿着圆形轨道围绕它转动;地球在绕日公转的同时,又在绕轴自转。地球公转的时候,为什么没有引起恒星的视差位移?阿里斯塔克认为,这是因为和地球的直径比起来,恒星的距离太大了。恩格斯在《自然辩证法》里正确地总结了这段历史,指出菲洛劳斯的理论"是关于地球自行运动的第一个推测"(人民出版社 1984 年版,第 37 页),"阿里斯塔克早在公元前 270 年就已经有了哥白尼关于地球和太阳的理论了"(同上书,第 40 页)。

哥白尼有继承、有批判。他用了很长的时间,经过观测、计算和反复思考,先将他的观点写成一篇《要释》,在朋友中间流传,征求意见,然后再写成 6 大卷的《天体运行论》,把日心地动说提高到了崭新的水平。在这个新的世界体系里,人类居住的地球不再有特殊的地位,它和别的行星一样绕着太阳公转。行星离太阳由近而远的排列次序是:水星、金星、地球、火星、木星和土星。只有月球还是围绕着地球转,同时又被地球带着围绕太阳转。恒星则位于遥远的位置上安然不动。

哥白尼的日心体系是经过了长期而曲折的斗争才得到了人们公认的。这是因为,在社会根源方面,它"上下易位,动静倒置,离经叛道",遭到教会和一切保守势力的疯狂反对;在认识论根源方面,新生事物有它不完善的地方,还得经过一段长时间的发展。首先,亚里士多德反对地动说的两条主要理由,哥白尼并没有解决。这两条理由是:既然地球在自转,为什么一件物体向上抛,总是落回原处,而不向西偏一点?既然地球在公转,为什么看不见恒星的视差位移?后来,伽利略于 17 世纪上半叶建立了惯性原理,才正确解释了前一个疑问。1728 年,J.布拉得雷发现光行差实际上已经回答了后一个疑问,而 1837—1840 年,B. Я. 斯特鲁维、F.W.贝塞耳和 T.亨德森各自独立地测到恒星视差才最终解决了这个问题。其次,哥白尼仍然因袭前人的观点,认为行星和月亮运动的轨道是圆形。因而,他预告的位置,仍然和实际不符,还得采用一些本轮、均轮来组合,其数目比起当时流行的地心体系少得多。他所推算的行星位置的精度依然不太高。

由于没有发现因地球绕日运动而造成的恒星视差现象,又认为哥白尼日心体系无法同《圣经》相调和,第谷提出了一个折中体系:所有行星绕着太阳转,太阳又携带着它们绕着地球转(图 2)。但第谷是一位杰出的天文观测者,他认为三家学说的最后结局只能是由更多、更好的观测来检验。他的继承者 J.开普勒在分析他遗留下来的大量观测资料时发现,对火星来说,无论用哪一家学说都不能算出与观测相符合的结果,虽然这差异只有 8′。但他坚信第谷的观测结果。于是他推测"行星作匀速圆周运动"这一传统信念可能是错的。他用各种不同的圆锥曲线来试,终于发现火星沿椭圆轨道绕太阳运行,太阳处于椭圆的一个焦点上,这一图景和观测结果符合。同时他又发现,火星运行的速度虽是不均匀的,但它和太阳的连线在相等的时间内扫过相同的面积。这就是他发现的关于行星运动的第一、第二定律,刊布于 1609 年出版的《新天文学》中。10 年后,他又公布了行星运动的第三定

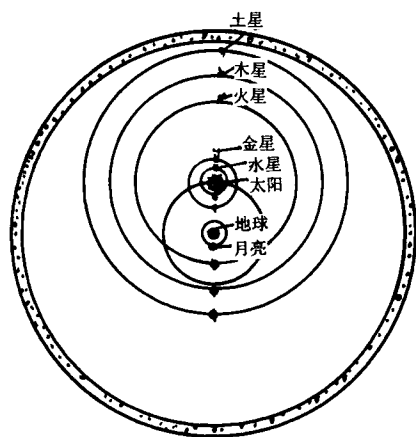



图 2　第谷的折中体系

律:行星绕日公转周期的二次方与它们的椭圆轨道长半轴的三次方成正比。

五　万有引力定律的发现

开普勒关于行星运动三定律的发现,正如他自己所说:“就凭这 8′的差异,引起了天文学的全部革新!”它埋葬了托勒密体系,否定了第谷体系,奠哥白尼体系于磐石之上,并带来了万有引力定律的发现。哥白尼曾经说过,地之所以为球形,是由于组成地球的各部分物质之间存在着相互吸引力,并且相信这种力也存在于其他天体之上。开普勒也曾想过,可能是来自太阳的一种力驱使行星在轨道上运动,但是他没有提供任何说明。牛顿则用数学方法率先证明:若要开普勒第二定律成立,只需引力的方向沿着行星与太阳的连线即可;若要开普勒第一定律成立,则引力的强弱必须与太阳和行星的距离的二次方成反比。在此基础上,他又进一步证明,宇宙间任何两物体之间都有相互吸引力,这种力的大小和它们质量的乘积成正比,和它们距离的二次方成反比。

1687 年牛顿发表了他的《自然哲学的数学原理》,明确提出了力学三定律和万有引力定律,建立了经典力学体系,这导致了天体力学的诞生。1799 年至 1825 年,P. S. de 拉普拉斯出版了 5 卷 16 册巨著《天体力学》,全面而系统地探讨了天体力学的各有关问题,提出了有关的理论和方法,因而成为天体力学的奠基之作。依据天体力学的原理,天体的运动完全是由天体本身的力学特性所决定的,无需借助于任何超自然的力。正因为这样,当拿破仑问拉普拉斯为何在他的《天体力学》中一次也没有提到上帝时,拉普拉斯立即干脆地回答说:“陛下,我不需要这种假说。”天体力学的诞生,使天文学从单纯描述天体间的几何关系进入到研究天体之间相互作用的阶段,说明了天体的运动和地上物体的运动服从同一规律,并进一步否定了亚里士多德的两界说。万有引力定律问世、天体力学诞生后,人们运用它取得了一个又一个胜利。其中最激动人心的是,1845 年至 1846 年,英国的 J. C. 亚当斯和法国的U. -J. -J. 勒威耶运用它推算出当时一颗未知行星的位置,德国的 J. G. 伽勒则依据勒威耶的推算位置找到了这颗行星。

六　太阳系起源说的诞生

牛顿所建立的经典力学体系,实现了科学史上第一次大综合。但由于当时人们习惯于对自然界的事物分门别类地、孤立而静止地进行研究,并往往用机械运动来解释千差万别的自然现象,这导致了 17—18 世纪占统治地位的形而上学自然观的形成。牛顿本人也深受形而上学思维方法的束缚,他用太阳的引力和行星在轨道上因惯性产生的横向运动来说明行星绕太阳公转的必然性,但他又无法解释这种横向运动最初是怎样造成的,最后不得不求助于上帝,认为是上帝作了“第一次推动”,行星才能在近圆轨道上绕太阳转动起来,而且此后按照力学定律永远转动下去。牛顿的这一见解成了 17—18 世纪形而上学自然观的重要组成部分。

1755 年,德国哲学家康德提出了一个太阳系起源的星云假说;1796 年,法国数学家拉普拉斯也提出了一个星云说。这两个学说都认为太阳和行星是由同一个原始星云形成的,但对原始星云的性质、太阳的诞生和行星的聚合过程、行星绕太阳公转的形成等,则作了不同的解释。康德和拉普拉斯的星云说根本否定了牛顿提出的上帝对行星运动作了“第一次推动”的说法,说明了地球和整个太阳系是某种在时间进程中逐渐生成的东西,从而在当时形而上学自然观中打开了第一个缺口,为后来辩证自然观的确立打下了基础。康德和拉普拉斯星云说以万有

引力为理论依据，解释了当时所知的太阳系天体的许多观测事实，因而成了第一个科学的太阳系起源说，为天文学开创了一个新的研究领域——天体演化学。

近两个世纪以来，星云说经历了一个螺旋式上升的过程。19世纪末至20世纪初，由于星云说无法解释太阳系角动量的特殊分布问题（占太阳系总质量99.8%的太阳，其角动量只占太阳系总角动量的0.6%），许多学者纷纷提出太阳系起源的灾变说，即认为太阳的行星系统是由太阳和别的恒星相遇的一场灾变中被拉出的物质凝聚而成的。20世纪30年代以后，一则由于灾变说无法解释太阳系的许多重要特征，二则由于恒星由星际云引力收缩而诞生的演化理论取得了极大的成功，三则由于考虑电磁作用，太阳的角动量会向外转移，用它可以解释太阳系角动量的特殊分布问题，于是，新的星云说再次活跃起来，成为当今太阳系起源学说中的主流。

七　恒星本质的认识

1839年唯心主义哲学家孔德在他的《实证哲学》第二卷中写道："我们可以测定天体的形状、远近、大小和运动，但是不可能有任何方法研究它们的化学成分、矿物结构以及它们表面的有机生命现象"，"而关于恒星的表面温度，则将永远无法知道"。这位哲学家的悲观论调，至今已被科学的发展全盘否定，而否定速度之快，尤其惊人。1859年10月27日G.R.基尔霍夫向普鲁士科学院提交了对太阳光谱中暗线的解释，宣告了天体物理学的诞生。同年11月13日他的合作者R.W.本生在写给罗斯科的信中说："现在我正和基尔霍夫一起全力进行一项实验，它使我兴奋得夜不能眠……道路已经畅通，我们可以像用普通试剂检测氯化锶等那样，有把握地确定太阳和恒星的化学成分。"

后来的发展是，从光谱分析不但能够知道太阳和恒星的化学成分，还能知道它们的温度、压力、视向速度、电磁过程和辐射转移过程等。更重要的是：1905年至1907年，E.赫茨普龙发现了恒星光谱型和光度的关系；1913年，H.N.罗素率先用演化观点解释这个图形，认为恒星的一生是从红巨星开始，因引力收缩，温度不断上升，在赫罗图上向左演化进入主序，接着恒星较缓慢地收缩，因收缩的能量不足以维持向外的辐射能，于是恒星的温度和光度逐渐下降，恒星沿主序下滑，最后成为红矮星。1924年，A.S.爱丁顿发现了恒星的质光关系。它表明，主序上不同位置的恒星，具有截然不同的质量。若恒星真的沿主序下滑，恒星质量怎么会大幅度地变小？这是罗素理论难于解释的。按照罗素理论，恒星的能源来自于它的引力收缩，但计算表明，这解释不了恒星的漫长寿命。早在1920年，爱丁顿就预言："如果一颗恒星的质量最初含有5%的氢原子，而这些氢原子又不断地合成为更复杂的元素，那么所释放的总热量将超过我们的需要，无需再去寻找其他的能源。"（宣焕灿选编，《天文学名著选译》，第351页，知识出版社[北京]1989年版）20世纪30年代末，C.F.魏茨泽克和H.A.贝特各自独立地提出了太阳和恒星的能源来自于氢聚变为氦的两种原子核反应——质子－质子反应和碳氮循环。这证实了爱丁顿的预言。根据这一能源理论，人们发现，主序并不是恒星的演化径迹，而是不同质量恒星在赫罗图上的一系列平衡位置。在这些平衡位置上，恒星稳定地进行核反应，温度和光度基本上保持不变。这以后，罗素的恒星演化理论就被抛弃了，并逐渐建立起科学的恒星演化理论。

20世纪中叶以来，由于射电探测手段和空间探测手段的崛起，人们已超越了光学波段的局限，而从整个电磁波段来研究恒星世界，并对许多新发现，诸如射电脉冲星、星际分子、红外

星、X射线双星、黑洞的候选者进行了深入的研究,人类对恒星世界的认识有了更辉煌的进展。

八　银河系结构的探索

19世纪中叶以来,应用物理学的规律,观测、实验和理论三方面相结合,研究各类天体的化学组成、物理状态、内部结构以及演化途径的天体物理学,发展很快,成果累累。但是,如果没有天文学的另一分支——恒星天文学的配合,我们关于宇宙的知识将会缺少一半。恒星天文学的任务是利用统计的方法来研究恒星、恒星集团和星际物质的分布和运动,这门学科的奠基人是F.W.赫歇耳和他的儿子J.F.赫歇耳。尽管18世纪中叶,T.赖特、康德、J.H.朗伯等人都认为银河和满天星斗构成一个巨大的天体系统,但他们还都停留在猜测的阶段,只有F.W.赫歇耳才开始用科学的方法来探讨这一问题。

首先,他通过分析恒星的自行,发现了太阳在空间的运动,并且定出了运动的速度和向点。这是人类认识史上的一次螺旋式上升:先是日动地静,后是日静地动,现在是:地动,日也动,恒星也动,宇宙间没有不动的东西。恒星的自行是恒星运动和太阳运动的综合结果,在扣除了太阳的运动以后,自行所反映的才是恒星的真正运动。F.W.赫歇耳的思路是:如果太阳在运动,那么处在太阳运动前方的星就会散开,而背离方向的星则会相互靠拢。根据这一思想,他虽然只分析了7颗星的自行,但所得结果相当正确,所确定的向点和今天的结果相差不到10度。

其次,他采用取样统计的方法,用自制的口径为46厘米的反射望远镜,统计了天空中上千个选区的117 600颗恒星以及亮星与暗星的比例,经分析后,他于1785年获得了一幅扁而平、轮廓参差、太阳居中的银河系结构图(图3),从而初步确立了银河系的概念。半个世纪后,其子J.F.赫歇耳到了好望角,用类似方法对南天恒星进行统计分析,证实了他父亲的上述结论。当时,赫歇耳父子是在恒星距离还不知道的情况下从事这项工作的,其毅力和为自己的观点提供证据的方案,都同样令人钦佩。他们的出发点是:恒星在空间均匀分布,它们的发光本领都一样,星际空间又完全透明。现在知道这三条假设过于粗略,但当时没有这三条假设就绕不开当时一无所知的恒星距离这一关,就无法工作。由此可见理论思维的重要性了。

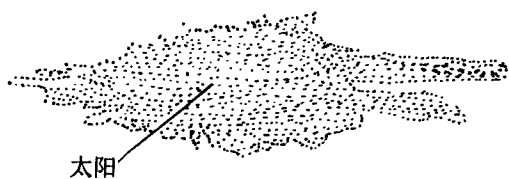



图3　1785年F.W.赫歇耳提出的银河系结构图

自F.W.赫歇耳以后的130多年中,人们总把太阳看成位于银河系中央。20世纪10年代,H.沙普利采用造父视差的方法,测定了当时近百个球状星团的距离,他发现这些球状星团有1/3位于人马座内,且90%以上位于以人马座为中心的半个天球上。沙普利推测,球状星团实际上是相对于银河系中心对称分布的,我们看去的这种表观上的不均匀乃是由于太阳不在银河系中心所造成。于是他大胆与传统观念决裂,于1918年提出了一个太阳不位于银河系中心的银河系图像。1927年,J.H.奥尔特通过研究银河系的较差自转,证实了沙普利的结论,并进而弄清了银河系是一个不断绕银心自转的巨大的天体系统。

九　河外星系的开拓

F.W.赫歇耳的贡献不仅仅局限于对恒星和银河系的了解，还把范围扩充到天空里一些位置固定而形状模糊的天体上。1784 年法国天文学家 C.梅西耶曾把 103 个这样的“云雾状天体”制成表，以免和彗星混淆。F.W.赫歇耳将这类天体的数目增加到 2 500 个。起初他认为这些就是康德所说的宇宙岛，但后来又改变了主意，原因是他发现了其中有的是行星状星云。这种星云中央是一颗恒星，周围有一个发光的弥漫物质环。现在我们知道，这种“云雾状天体”事实上分为三大类：前两类是处在银河系之内的星云和星团，第三类是处在银河系之外的河外星系。但是要把这个事实分辨清楚，在赫歇耳之后几乎又用了 100 多年时间。真正的突破是 H.S.勒维特、赫茨勃龙、沙普利等人在 20 世纪初建立了造父视差法。有了这一方法，只要发现遥远天体系统中有造父变星，就可以定出它的距离。沙普利正是用这种方法定出银河系中近百个球状星团的距离，并进而提出太阳不位于中心的银河系模型的。本来，由沙普利来发现河外星系是得心应手的事，但他却由于受银河系便是整个宇宙的先入为主的错误观念束缚，不仅没有去寻找遥远星云中的造父变星，测定其视差，以证明它们是位于银河系之外的巨大天体系统，而且还一度成了反对河外星系存在的代表人物。1920 年 4 月，在美国科学院爆发了著名的沙普利 - 柯蒂斯大辩论，H.D.柯蒂斯利用仙女座大星云中发现的 3 颗新星，定出该星云远在银河系之外，是一个独立的星系，而沙普利反对柯蒂斯的结论。这场辩论，当时胜负未分。1923 年，E.P.哈勃在威尔逊山天文台用当时世界最大的 2.5 米反射望远镜，把仙女座大星云的旋涡结构分辨为恒星，并且在这个星云内发现了许多造父变星。利用这些造父变星的周光关系，定出其距离为 90 万光年(现知为 230 万光年)，远在银河系之外，而且其体积比银河系还大。1924 年底他在美国天文学会宣布这一结果时，与会天文学家一致认为，宇宙岛学说已取得了胜利，人类关于宇宙的认识翻开了新的一页。

接着，哈勃又把他的注意力转移到旋涡星云谱线的红移问题上。他利用前人获得的星系光谱资料和他本人测定的这些星系的距离资料，于 1929 年得出红移和距离的关系：河外星系离我们的距离越远，它的光谱线的红移量越大。这便是著名的哈勃定律。如果红移是由于多普勒效应引起的，则红移和距离的关系就意味着越远的星系以越快的速度退行，各星系之间的距离在增加，我们所在的宇宙是一个膨胀的宇宙。

但是，红移不一定是由多普勒效应引起的，哈勃的同事 F.兹威基立刻就提出另一种解释，认为红移是由于光线和星系际物质之间的作用而引起的。这种作用使远来的光量子能量减低，波长向红端位移，因而也是距离越远，红移量越大。为了判断红移究竟是由哪种机制引起的，哈勃联合哈马逊观测了更多的星系，测出它们的视星等，并统计它们的数目。他们假定全部星系有同样的大小和同样的发光本领。这样，如果星系在空间上的分布是均匀的，在极限星等和计数之间就应该有一线性关系，否则这个关系就不能成立。如果红移是由多普勒效应引起的，远处的星系密度应该小于近处的；如果红移是由于光线和星系际物质作用的结果，星系的密度应该到处一样。由于哈勃当时所掌握的数据太少，他无法做出判断，但这种方法至今仍在应用，并且推广到星系团、射电源、类星体的计数上，仍是当代观测宇宙学的一项基本工作，而哈勃的《星系世界》(1936)成了这一领域的奠基著作。

十　现代宇宙学的发展

星系光谱线的红移，无论是由于星系退行，还是由于光能量衰减，都可以得到相对论的承认。如果是前者，则是一个服从相对论引力定律的膨胀宇宙；如果是后者，则是一个静态宇宙，而后者还首先是由A.爱因斯坦本人提出来的。爱因斯坦在完成他的广义相对论以后，立即把它应用于宇宙学问题，于1917年发表《根据广义相对论对宇宙的考察》一文，指出无限宇宙和牛顿力学之间存在着难以克服的矛盾，要么修改牛顿理论，要么修改空间观念，要么两者都加以修改。他放弃了传统的宇宙空间三维欧几里得几何无限性的概念，把空间和时间联系起来，并作了物质均匀分布和各向同性两条假设，从而建立了一个静态的、有限无边的动力学宇宙模型。

与爱因斯坦同年(1917)，荷兰天文学家W.德西特也用广义相对论研究宇宙学问题，得出了一个物质平均密度趋近于零的静态宇宙模型。这两个模型被人们研究讨论了10多年，当星系谱线的红移和距离关系发现以后，就成了问题。德西特模型虽然可以用别的方法来解释这一现象，但一个没有物质的宇宙总难令人相信。爱因斯坦于1930年公开宣称放弃他的宇宙常数项后，在英国皇家天文学会演讲时，爱丁顿在欢迎词中说："为什么爱因斯坦方程只有两个解，而没有第三个解以适应于哈勃的最新发现呢?"曾经做过爱丁顿学生的G.勒梅特从刊物上看到这段话后，立即写信给爱丁顿，说他已经找到了第三个解，文章发表在比利时的刊物上，这就是他的原始原子说。他找到爱因斯坦方程可以有几个时间函数解以适应膨胀的宇宙。1932年，他又提出现在观测到的宇宙是一个极端高热、极端压缩状态的原始原子(primeral atom)爆炸而产生的。

其实在勒梅特以前，前苏联的A.A.弗里德曼已于1922年发现了具有时间函数解的宇宙模型。他发现爱因斯坦在建立静态宇宙模型时有一个数学错误，指出爱因斯坦解和德西特解只是爱因斯坦方程更为普遍情况下的两个特殊解。他把爱因斯坦方程中的宇宙常数项取消以后，得出宇宙既可以是开放的，也可以是封闭的。后人对弗里德曼的宇宙模型作了进一步的研究，发现宇宙是开放还是封闭，这要看物质的平均密度而定。若平均密度(ρ)和临界密度(ρ_c)之比$\rho/\rho_c<1$，则空间曲率$K=-1$，对应于一个双曲型的开放宇宙；若$\rho/\rho_c=1$，则$K=0$，对应于一个平直的开放宇宙；若$\rho/\rho_c>1$，则$K=+1$，对应于一个没有边界但体积有限的闭合宇宙。在前两种情况下，宇宙要一直膨胀下去；在后一种情况下，膨胀到一定时候又要收缩(图4)。从理论上算出，临界密度$\rho_c=4.7\times10^{-30}$克/厘米^3。观测宇宙学的任务就是要确定ρ/ρ_c值，目前所得结果相差很悬殊，在0.1到2之间；不过多数人认为接近于1，宇宙空间是平直的，欧几里得几何仍然适用。

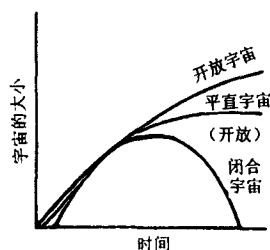



图4　弗里德曼的宇宙模型

1948—1956年，G.伽莫夫多次发表论文，发展了勒梅特的宇宙模型，更深入地探讨了宇宙从原始高密状态演化、膨胀的概貌，从而形成了目前最有影响的大爆炸宇宙学。伽莫夫还明确预言，早期宇宙的大爆炸遗留至今还残存着温度很低的辐射。1965年微波背景辐射的发现证明了这一论断的正确性。目前，人们对热大爆炸宇宙学的更大兴趣则集中在180亿年以前，大爆炸发生的10^{-43}秒之后到3分钟之间的演化过程。10^{-43}秒之前，相对论和现有一切物理规律都不能适用，有人想用时空量子

化来解决这一问题,但成果很少。从 10^{-43}秒到 3 分钟之间可用温度随时间降低的一个序列来区别出几个阶段来。到 3 分钟时,温度降到 10^9K,第一个稳定的原子核出现。这一极早期的宇宙演化学和粒子物理学、大统一理论、超对称理论密切相关,理论、实验、观测互相影响,是当代物理学的一个前沿,仍在不断发展中。

十一　简短的结论

宇宙是无限的,人类认识宇宙的能力也是无限的;但是人类认识宇宙的范围在一定的历史时期是有限的,而且常常把自己所认识的这个范围当做总宇宙来讨论。哥白尼的宇宙即太阳系,F.W.赫歇耳的宇宙即银河系,我们今天的宇宙即总星系。我们相信,后之视今,犹今之视昔,在总星系的外面,还有别的物质世界有待未来去发现。在今天所认识的宇宙范围内,从思想史的角度可得到如下几点结论:

第一,人类中心说一步步被否定,在现代宇宙中人类所居住的地球、太阳系和银河系不占有任何特殊地位;但人毕竟是认识宇宙的主体,研究宇宙间的一切演化过程时也必须把人的能够出现和存在考虑在内。人认识到的宇宙部分越是扩大,似乎人越变得渺小,但实际上这标志着人的认识能力的伟大。从宇宙发展中产生出来的人对宇宙的无限深化的认识过程就是人和宇宙不断实现统一的历史。

第二,亚里士多德的天、地两界说遭到了彻底的否定,牛顿的万有引力定律把它们统一起来了。但是天体上确有不同于地球上的物理状态:星际空间中每立方厘米不到一个原子的高真空,中子星内部每立方厘米包含着 10 亿吨物质的高密度,脉冲星表面上强达 10 万亿高斯的强磁场,一些星系和星系核抛射物质的高速度——接近于光速,有的看来甚至大于光速……宇宙空间中这些现象的存在,为物理学提供了在地面没有并且无法模拟的实验,为人类对自然的认识不断地提供条件。天上规律和地上规律具有同一性,也有差异性。地上的规律可以推广到天上,但又要了解它适用的范围,以发现更新、更普遍的规律。

第三,大到河外星系,小到星际原子,宇宙间的所有物质都在不断地运动和变化,而且变化不是缓慢地量变引起质变,而是爆发性的突变,如超新星、星系核、类星体、射电双子源(星系)的猛烈爆发,以及总星系初生时的大爆炸。人类的宇宙图景是从古代静态的宇宙结构图景,发展到近代以牛顿力学为基础的机械的宇宙图景,进一步发展到现代建立在相对论－量子力学基础上的充满形形色色爆发的动态宇宙图景。

第四,宇宙间的任何天体或天体系统,空间上和时间上都是有限的,都有其起源、演化和衰亡的过程。康德和拉普拉斯星云说开创了太阳系起源问题的探讨;赫罗图的出现为探讨恒星的起源和演化开辟了道路;大爆炸宇宙学则在探讨总星系、基本粒子和元素的起源。对宇宙、天体在越来越大的时空范围内的演化规律性的认识,是与对越来越深的物质层次和越来越早的物质发展阶段的探索紧密结合的。

第五,有无地外文明问题,也是天文学思想史中一直争论的问题。宇宙中的生命、智慧生命和文明并不是偶然出现的,而是宇宙物质发展到一定阶段的必然产物。目前有人运用平庸原理,估算出既有兴趣、又有能力进行星际通讯的先进文明数在银河系内就有 100 万个,平均每 25 万颗星中,就有一颗星的周围的行星上有高度文明存在,他们有的可能比我们更先进。但是,60 年代以来,美、苏、英、德等国利用世界上最大的一些射电望远镜监测地外文明所发的微波讯号,一直未取得结果。问题在于,我们还无法知道这些地外文明在何处、在什么时候和

以什么方式向太空发射讯号；也许我们暂时还不能破译这些讯号；也许我们的仪器还不够强大，接收不到这些讯号。这个问题到下一个世纪也许能有一些答案。

参 考 文 献

宣焕灿选编.天文学名著选译.北京:知识出版社,1989.

P. Moore. *The Development of Astronomical Thoughts*. Edingburgh: Oliver and Boyd, 1969.

A. Pannekoek. *A History of Astrvnomy*. New York: Interscience Pubishais, 1961.

H. C. King. *Exploration of the Universe*. London: Secker and Warburg, 1964.

B. Parker. *Greation*. New York: Plenum Press, 1988.

〔原刊《自然辩证法百科全书》,北京,中国大百科全书出版社,1995〕

《南阳汉代天文画像石研究》序

汉代是我国天文学发展史上的一个重要时期，张衡是这一时期的代表人物。他和希腊的托勒密差不多同一时间。托勒密的《天文学大成》统治了西方天文学 1400 多年；张衡的《灵宪》、《浑天仪图注》等也成为东方天文学的经典，长期受人注目。

对于张衡这样一位“万祀千龄，令人景仰”的巨人，我们当然可以从当时的社会背景、家庭教育和个人的治学态度等多方面来分析，但天文知识的普及对他的成长所起的作用，却一直被人们所忽视。美国著名科普作家阿西莫夫(1920—1992)逝世时，英国《自然》杂志刊登的《讣告》中说：

> 我们永远也无法知晓，究竟有多少第一线的科学家由于读了阿西莫夫的某一本书，某一篇文章，或某一个故事而触发了灵感；也无法知晓有多少普通的公民因为同样的原因而对科学事业寄予同情。人工智能的先驱者之一明斯基最初就是为阿西莫夫的机器人的故事所触动而深入其道的。

张衡诞生于东汉章帝建初三年(78)山明水秀、农工商业都很发达的今河南南阳地区。南阳是我国出土汉代画像石的四个主要地区之一。而天文图像之多又为南阳汉画像的一大特点，至今发现的约有 50 多幅。这些图像刻成的时间，有许多是在张衡出生以前。汉代的画像石或画像砖是一种民间工艺品。作为墓葬的建筑材料和艺术品，它是汉代丧葬风俗的物化系统，既反映当时的天文学水平，也反映当时人们对许多天象的解释。这种解释与当时的意识形态有密切关系，具有国家的、民族的或地区的特色。这些艺术品，出自普通匠人之手，并且普遍地被装饰在墓葬之中，它表明当时天文学知识的普及。幼年的张衡生活在这样的环境中，一定会受到影响。单就这一点而论，南阳地区的天文画像就很有意义，它向人们显示了艺术普及与提高的关系：普及有利于提高，提高以后又需要新的普及。

天文学史的研究现在已不仅仅是讨论历史上谁先做了什么和谁是正确的，而且还要研究这些发现和发明的知识结构以及它和当时的物质条件、意识形态等的关系。南阳汉画像在这两方面都为我们提供了丰富的资料。近 20 年来，虽然有人做了不少的研究，发表了许多有价值的论文，但对一些图像的解释还未取得一致的意见。现值南阳汉画馆建馆 60 周年之际，他们愿意把所收藏的有关资料，汇为一册，奉献出来，供更多的人做更深入的研究，这是一件很值得欢迎的大好事，特此为序，以表祝贺。

1994 年 9 月 18 日

〔韩玉祥主编：《南阳汉代画像石研究》，北京，民族出版社，1995〕

简论作为文化研究对象的"天"

希腊哲人柏拉图曾经指出,哲学和宗教都起源于对星的观测。美国天文学史家奈格保尔(O. Neugebauer)也说:"对太阳、月亮和金星的神化,不能算作天文学;对一些惹人注目的恒星和星座的命名也构不成关于天的科学。"当人们仰望天空时,看到了什么呢?对这个问题的回答既可以是科学的,也可以是文化的其他层面,如宗教、神话、哲学、文学等,而且时代越古,属于科学的层面越少。我们可以从认识论和自然观两方面来讨论这个问题。

人们对客观事物的认识,可以分为三个步骤:观察、理解和应用。这三个步骤,既有联系,又有区别。观察可以是偶然的、无意的,也可以是有目的、有系统地进行。只有后者才能称得上是科学研究。然而不管怎样,这一步只是感性认识,没有文化上的差异。

由感性认识进入理性认识,包括对事物的命名和理解其意义,这一步就受科学水平的影响,也受社会经济、政治组织、意识形态等的影响,因而对同一物体、同一现象可以赋予不同的命名和意义。例如,天空由繁星组成的一条白色带子,中国人叫"银河",西方人叫"Milky Way",以前文学家赵景深直译为"牛奶路",有人认为是笑话。其实赵景深并没有错,西方人喝牛奶,就想像出天上有条牛奶路,直译正好是尊重人家的文化,只是应加个脚注:牛奶路即中国的"银河"。又如,北斗七星,《史记·天官书》把它作为环绕北极周回不息的车子,而希腊人则编出一段神话来,说它是美女卡利斯托(Calisto)变成的大熊;北美印第安人则称它为七兄弟。在这个意义上可以说,夜天空的含义不是自给的,而是社会的产物,具有文化学的意义,正如宋代文学家苏东坡的诗中所说:"南箕与北斗,乃是家人器;天亦岂有之,无乃遂自谓。"

同一物体、同一现象,在不同的文化圈内有不同的含义;在同一文化圈内,由于文化水平不同和各人兴趣不一样,也可以有不同的看法。物理学家有兴趣的东西,文学家可能完全没有兴趣。1978年有学者在埃塞俄比亚西南部调查时发现:有人在脚脖子上套了一条绳子,每过一天打一个结。后来他向旁人宣布:从他种黍蜀到收获共过了72天。但是,别人并没有把这件与历法起源有关系的事当做是对他们的知识宝库增加了一个新发现,而认为这个人只是一种好奇,一件区区小事,当然也就很快把它忘掉了。

人们认识事物的目的在于应用。一个物体对不同时代、不同文化的人可以提供不同的用途。例如一块巨石,可以做墓碑,可以当做迷信崇拜物,可以做路标,可以做分界石,可以做建筑材料,可以做计算工具,等等。天也是一样,从古巴比伦到中国,从埃及到秘鲁,从部落、城邦到帝国,被广泛地用在各个不同方面。近年来,美国马里兰大学的卡尔森(J. B. Carlson)对古代中美洲地区用金星运行来统理战争和宗教祭祀进行了研究;德国歌德大学金(D. A. King)教授对中世纪天文学如何为伊斯兰教服务写了专著;上海天文台江晓原的《天学真原》深入地探讨了天文学在中国古代政治运作、道德教化等方面的作用。这些著作都是关于天的文化研究的新进展,值得一读。

一种文化对周围世界的看法,首先和它对事物的分类有关系。按照中国传统文化的看法,周围事物可以分为三大类:天、地、人。过去家喻户晓的启蒙读物《三字经》里就有:"三才者,天

地人；三光者，日月星。”这里是把生物包括在地之中，若把它分出来，那就是四大类，天、地、生、人。现在北京有个“天地生人学术讲座”，自1990年5月30日以来，已举办了60多讲，仍在继续，他们就是这样分类的。在这四大类中，人是认识的主体，人要认识人类本身，还要认识天界、地界、生物界，还要探讨它们之间的相互关系，学问大得很。孔子说：“天何言哉？四时行焉，百物生焉，天何言哉！”这16个字就简明地表达了他对天地生之间的关系的看法，表达了他的自然观。不同的文化有不同的自然观。中国传统文化特别重视天人关系。事实上，就天地生三者来说，天也具有特别重要的意义。这可以从三方面来看。

第一，普适性。各地地理环境不同，生态环境不同，而天象对于全球则是一样的，只有因地理纬度的不同和昼夜的变化，而有看见和看不见的问题，但这又是可以用球面天文学推知的。因此，对同一纬度、同一天象、同一天空的不同命名和解释，就有文化学的意义。例如，古埃及人和古希腊人住在同一地区，但对星座的命名就大不相同，前者以神为主，后者以神话中的动物为主。这是比较文化学研究的对象。

第二，持久性。“百川沸腾，山冢崒崩；高岸为谷，深谷为陵。”《诗经》所描写的这次地形发生的剧烈变化，给人以深刻的印象。晋代的天文学家兼大将军杜预为了自己的功绩不被埋没，便刻了两块石碑，一沉万山之下，一立岘山之上，曰：“焉知此后不为陵谷乎？”一个地方的生态环境也是不断变化的。在河南省黄河以北的安阳市，有一个为人们所熟知的殷墟，它是殷代（约前1300—前1100）的首都，那里有丰富的亚热带动物：河麂、竹鼠、水牛、野猪和大象。河南省简称豫，“豫”字就是一个人牵着大象的标志。可是现在这些动物在当地都没有了。只有天上的太阳每天东升西落，月亮圆了又缺，历万古而不变；点点繁星，它们的相对位置虽有细微的变化，非长期的耐心观察不足以察觉，所以它们可以被当做符号来表示某些事物或某些事物与事物之间的关系，而且这是一个长期不变的符号库。中国古代的许多官职，如三公、九卿之类，现在都不用了，但天上还保留着它们的星座。现在有一类变星，叫造父变星，对测定河外星系的距离很有用。“造父”是什么意思？认真一查，才知道它是一个人的名字。造父是古时为周穆王驾马的一个人。穆王西巡，乐而忘归，而徐偃王反，穆王日驰千里马，归而攻徐偃王，大获全胜。后人为纪念造父御马之功，便把天上五颗星命名为造父。造父一（仙王座δ星）是这类变星的典型，故名造父变星。天上的星座和星名可以说是一个潜在的、未经改动的符号系统，研究起来很有意义。

第三，可操作性。天上的东西虽然碰不到，摸不着，人也改变不了它，但有些天象在古时即可以预告，而现代的天文科学更可以重构地球上任何地方任何时代的星空背景和一些有周期的天象，并且可以把这些结果输入计算机来模拟或者用天象仪来表演，而这一点正是对生命现象和地上现象难以做到的。正是这一特点，使古代精通天文历法的人具有特殊身份，具有很大的权威性。他们可以通过一定的操作，来预示人们的祸福，来使人们趋吉避凶，巩固或摧毁某些人的统治地位。正如唐代天文学家兼星占家李淳风描述自己的职责时所说：“世治国安，指象陈灾，为君所戒，以保邦于未危；世变国难，推象探章，察数未坠，以处身于无祸。”这最后一句话，既包括“苟全性命于乱世，不求闻达于诸侯”式独善其身的做法，也不排除投效新主，做一番“佐命元勋”的功业。“上通天文，下知地理”的诸葛亮，其隐居与出山就是一个很好的例证。这种操作方式也不限于星占，还包括巫术、宗教、仪礼、神话、丧葬、建筑、艺术等诸多方面。对于这些方面的研究，与天文科学关系不大，但作为人类活动的文化现象来研究，则是一片尚待开垦的处女地，是大有可为的。

〔原刊《天文爱好者》（北京），1995年第1期〕

改革创新　博大精深

——纪念沈括逝世900周年

沈　括(1031—1095)

沈括字存中,浙江杭州人,生于1031年,卒于1095年,今年是他逝世900周年。他生活的时代,正当北宋王朝的后期;他死后31年,北宋就在金兵的进攻下灭亡了。沈括一生的重要成就,在当时并未得到恰当的评价。虽然在元朝初年撰写的《宋史》中说他"博学善文,于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算无所不通",但这种话在旧的史书中是经常见到的,多属溢美之词,并不能把沈括和其他人物区分开来。直到20世纪,沈括的学术成就才引起了学者们的注意。解放前有朱文鑫、竺可桢、王光祈以及日本的三上义夫等学者分别对沈括在天文、地理、乐律、数学等方面的成就作了研究,张荫麟先生的《沈括编年事辑》开了全面探讨这位杰出人物的先河。新中国成立后,继起研究的有陈遵妫、王锦光、刘秉正、李俨、许莼舫、陈祯、高泳源、钱宝琮、胡道静诸先生,以及英国的李约瑟和美国的席文。这些研究,全面深入,蔚为大观,表明沈括是一位历史上罕见的全才。他知识之广,成就之大,令人惊异。首先,沈括是一位杰出的科学家,但同时他也是政治家、军事家、外交家、经济学家。三上义夫认为,如此全才,日本没有,世界少有。

年轻有为的理财能手

先看沈括在财政经济方面的成就。沈括被任命为"权发遣三司使"(代理财政部长)是在公元1075年,这时刚44岁,正逢王安石变法期间。沈括因一向对新法十分拥护,而且已经显出卓越的才能,所以被迅速提拔,负责全国的财政工作。他在任20个月期间,做了两件大事。

一是改革陕西盐钞法。陕西是当时北宋和西夏国的边防前线,宋王朝在此驻有重兵。因和西夏的军事冲突连年不断,军费浩繁,宋王朝不得不向当地盐商征收现钱,以充军费,同时支付给商人一种特殊凭证,称为"盐钞"。盐商可持盐钞直接到山西产盐地买盐,再来陕西出售,这一制度称为"盐钞法"。但到沈括上任时,盐钞法已经大为混乱。因为军费激增,政府便滥发盐钞,造成类似通货膨胀的局面。沈括提出了整顿的方案,就是那篇称为《盐蠹四说》的文章。他不赞成由政府垄断食盐销售的做法,主张由商人经销,而政府保留若干调控手段。他的主张付诸实施之后,一连几十年情况良好。

第二件事是研究货币理论。北宋币制极为混乱，金银、铜钱、铁钱、纸币同时流通，官方因经费不足，就发行更多的钱币，导致通货膨胀，再加上民间私铸，情况更加复杂。沈括上了一道奏疏，提出了他的货币理论，其中特别有价值的是他提出增加货币周转率的必要性。这一思想，欧洲直到600年后才有人提出。

机智灵活的政治活动

沈括的仕宦生涯，前后不到30年。品级虽然不高，却参加过不少重要的政治活动。他和王安石的私交，由来甚久。他父亲沈周的墓志铭便是王安石所作。宋神宗熙宁（1068—1077）年间，沈括和王安石同在中央朝廷任职，加之两人私交又久，政治观点颇为接近。王安石的变法，当时称为“新政”，这一运动开始不久，沈括即成为其中的重要成员，以至后来他的政敌攻击他时，说是“朝廷新政规画，巨细括莫不预。”这话虽不免有些夸大其词，但沈括倒也确实参加了好几项重要活动，除主管中央财政工作外，还有疏浚和测量汴渠、视察浙江的水利差役情况并考察当地的政治得失、视察整顿河北边防、推行义勇保甲制和分管军事物资的生产等。

作为一个从事政治活动的官员，沈括也颇为机智。比如有一次，因宋辽发生边境纠纷，北方前线吃紧，宋神宗担心要发生大战，下令登记民间的车辆以备战时之用。人民以为官府要没收车辆，大为恐惧。不少大臣接连奏请停止登记，以免造成混乱，宋神宗却固执已见。同时，因宋神宗赞成由政府垄断四川的食盐销售，许多大臣反对，神宗不听从。但沈括却利用一个和神宗单独谈话的机会，轻而易举地把神宗在这两件事上说服了，神宗第二天就降旨收回成命，一时官场上传为美谈，大家钦佩沈括善于辞令。沈括和宋神宗的问答，生动有趣，今天我们还能在李焘的《续资治通鉴长编》第255卷上读到。

出使辽国不屈不挠

公元1075年，沈括在代理财政部长以前，还担负过一项重要的外交使命；出使辽国，解决辽宋之间的领土争端。辽宋两国之间的领土问题，由来已久。早在北宋建国之初，北宋曾发动过两次重大战役，打算北伐收复前朝失地，不幸都以失败告终。杨家将故事中的老令公杨继业就是在第二次北伐中被俘牺牲的。到公元1004年，两国又一次较量，北宋稍占上风，订立了“澶渊之盟”，两国关系转为和平共处，维持了百余年。但这期间，两国的领土纠纷仍连年不断，甚至爆发边境武装冲突，而且形成辽取攻势、宋取守势的状态。北宋统治者腐朽软弱，辽国不断得寸进尺，提出新的领土要求。到1074年，辽方又有索地之举，双方谈判，自夏至冬，未能解决。这期间沈括研究了双方争执地段的详细地理情况和有关历史文件，为宋朝方面提供了有力的证据。

不久宋朝任命沈括为翰林院侍读学士（一种荣誉职称），率领外交使团赴辽，解决领土争端。沈括临行前向宋神宗表示，他一定尽力而为，拼一死也不让辽方的无理要求得逞。他又事先作了周密准备，让随员们将几十道有关文件背熟，好在谈判时据理力争。沈括入辽后，13天中和辽人交涉6次，辩论异常激烈。辩论中辽方强词夺理，甚至不惜篡改历史文献，但都被沈括据理驳斥，辽方代表哑口无言，不能自圆其说。每次辩论，环坐旁听者多至千人，沈括处之泰然，对答如流，始终不为所屈。最后辽方不得不放弃了从沈括使团处勒索领土的念头，并且停止了边界附近的战备活动。

对天文数理的重要贡献

沈括的科学贡献,遍及天文、数学、磁学、光学、声学、地理学、地质学、气象学、植物学、动物学、医药学等各领域,不仅博大,而且精深,在不少方面有重大贡献。

沈括42岁那年,提举司天监,成为全国最高天文机构的负责人。3年后,他负责修成奉元历,还负责新造了浑仪、浮漏、铜表等天文仪器,有许多革新之处。为了说明改革仪器的原理,沈括写了3篇著名的文章,至今还保存在《宋史·天文志》中。这3篇文章远远超出仪器的范围,成为中国天文学史上的重要文献。《浑仪议》中讨论了天体测量、地理纬度、日月运动等问题。《浮漏议》研究计时装置,提出了一些改革。《景表议》中论及大气折射对天体测量的影响。

不过沈括最重要的天文学贡献是在晚年做出的。他提出了一种全新的历法,称为"十二气历",主张完全不考虑月相的变化,只依据二十四节气来排历,这样可使中国传统的历法空前简化。这种历法在本质上和今天世界通用的公历是一样的,但在中国古代,却是空前未有。他这种激进的主张,在当时自然难以被采纳,然而沈括坚信,日后必有用他这种历法的一天。事实证明,他这信念是对的。

在数学上,沈括提出过一种高阶等差级数的求和法("隙积术"),还发明了一个几何公式("会圆术")。

沈括对磁学的研究、在世界科技史上占有极重要的地位。他是全世界第一个发现磁偏角的人。由于地磁极并不正好和地球的两极重合,而是有一定的偏差,所以指南针并不会准确地指向南方。沈括还记载了当时人们用永久磁石来磁化铁针等物来制成指南针,以及指南针的各种装置方法。

沈括还研究了透镜、小孔成像等光学问题和声学上的共振问题。

光芒四射的名著《梦溪笔谈》

沈括最重要的著作,无疑是《梦溪笔谈》。这部书是沈括晚年退出政治舞台,隐居于江苏镇江梦溪园时所作,故取名《梦溪笔谈》。此书引起世人的注目,首先在于它的科学内容。研究中国科技史的权威,英国的李约瑟博士称此书为"中国科学史上的里程碑"。这里要特别提到胡道静先生1957年出版和1987年再版的《新校正梦溪笔谈》。此书包括《补笔谈》、《续笔谈》在内,共分609条,条条都是宝。至今尚属迷惑的"不明飞行物"(UFO),甚至有人认为其中都有记载(见第369条)。胡先生对此书所作资料和校勘工作,功力深湛,为研究沈括这个人物提供了十分有利的条件。

沈括的许多重要科学成果,都记载在《梦溪笔谈》里。如前面提到的十二气历、磁偏角等。此外还有许许多多,这里只能挑几个比较重要的来提一提:

石油:沈括记载了当时延安一带人民对石油的采集和利用,有的学者指出:"石油"这个名称,最早就是沈括提出的。

活字印刷:沈括详细记述了毕昇发明的活字印刷方法及整个过程,这一技术,在当时是世界上遥遥领先的。

陨石:沈括详细描述了1064年一块陨石落入江苏宜兴某居民院子里的情况,这是中国天文学史上的重要文献。

此外，沈括还记载了地质学上的水蚀现象，古生物化石，陆地龙卷风，海市蜃楼，以及大量动植物。这些记载都有极高的科学价值。

不断学习　不断研究

沈括去世时只有64岁，就取得了如此众多的成就，我们敬佩之余，不能不探讨一下他成功的原因。原因是多方面的，最重要的一个是不断学习。他是活到老，学到老。为了进行边界谈判，就去钻研历史档案和地理沿革；为了改革天文仪器，就研究天文学。他工作到哪里，便学习研究到那里。到延安去领兵打仗，就注意到当地的石油；到浙江去视察，就注意到雁荡山的地质情况。对于当时各种科学技术的最新成就，他都密切注视，并加以研究，记下心得和成果。正是这种处处留心、不断学习的精神，才使他取得辉煌的成就。

今天，科学分工比沈括时代要细致得多，要像沈括这样博学多才，全面发展，当然要困难得多；但沈括不断学习、不断研究的精神，则是值得人们永远学习的，而尽可能地扩展自己的知识领域，也是每个人应该毕生追求的目标。

〔原刊《天文爱好者》(北京)，1995年第2期〕

A Speech at the Memorial Service for Dr. Joseph Needham
(10th June, 1995)

On behalf of the Chiese Academy of Sciences, Professor Zhou Guangzhao and Professor Lu Jiaxi, President and former President of the Chinese Academy of Sciences, I join you here with the deepest sorrow to remember that great figure of our time, Dr. Joseph Needham.

The passing away of Dr. Needham is a great loss not only to your people but also to the Chinese people as well. He was one of the most distinguished and respected scholars in the hearts of the Chinese people. Over the past 50 years, his friendly feeling towards China was only enhanced with the lapse of time. On many international occasions, he braved adverse circumstances, speaking in defence of justice and on behalf of the interests of the Chinese people. In the meantime, he was bent on an in-depth probe into the history of Chinese science and technology, and offered unreserved support and made outstanding contributions to the development of China's science and technology.

Dr. Needham is the first person who conducted a systematic and comprehensive study of the history of Chinese science and technoloy. He not only accomplished great achievements in natural sciences, but also was well versed in philosophy, history, literature and various languages. Although from a background of Western civilisation, Dr. Needham exhibited a deep understanding of oriental culture through his own perspective. He pioneered the comparative study on the Chinese history of science and technology within a worldwide context, its interaction with other countries and its virtues and shortcomings. His monumental work *Science and Civilization in China* has fulfilled a transcendence from one civilisation to another. It stands out as a classic of the 20th century's historical research, one of the very few influential works that could offer future directions.

During the later period of the War of Resistance against Japan. Dr. Needham came to China and shared the sufferings and hardships of the Chinese people for four years. He organised the Sino-British Co-operation Office to supply us with books, periodicals, equipment and chemical reagents. In the meantime, in order to introduce to the outside world the difficult situation and the great achievements of wartime Chinese scientists, Dr. Needham published two books entitled *Chinese Science* and *Science Outpost*. Both of them have attracted so much wide attention from academic circles that the latter was even translated into Japanese in 1986. After the founding of the People's Republic of China, he visited our country eight times for friendship and academic exchanges. As the President of both the Sino-British Friendship Association and the Society for Sino-British Understanding, he received innumerable Chinese scientists in Britain, and recommended

1986年李约瑟、鲁桂珍访问中国时与作者合影

and arranged for visits by at least over 100 Chinese and overseas scientists. The name of Joseph Needham is a household word among the Chinese people. Last year he was elected as one of the first foreign members of the Chinese Academy of Sciences. Now I bring his diploma to you . He will live forever in the hearts of the Chinese people.

〔This paper was published in *Needham Research Institue Newsletter* No. 15(Sept. 1996)〕

南怀仁为什么没有制造望远镜

今日屹立在北京古观象台上的八件大型天文仪器,其中有六件制造于清康熙八年至十三年(1669—1674),是比利时人南怀仁(Ferdinand Verbiest,1623—1688)督修监制的,即赤道经纬仪、黄道经纬仪、地平经仪、地平纬仪、纪限仪和天体仪。这六件仪器仍属古典系统,所有观测全凭目视。许多人认为,它比起中国古代仪器来,有所前进,但在全世界范围来说,则已落后,因为这已在1609年左右望远镜发明并用于观天之后60多年[1]。何丙郁先生也曾感慨系之地说;"当时北京观象台和欧洲的天文台两者的天文仪器可以互相媲美,惟一的缺点是清代的观象台没有设置大型望远镜。……为什么南怀仁没有在观象台上装置一具大型望远镜呢?我的初步猜想,其主因可能和磨制及检验天文镜面的技术有关,也许南怀仁在中国找不到熟谙这种技术的人士,又不易从欧洲物色一位擅长制镜的技工到中国来。但答案是否这么简单呢?是否还牵涉到政治、经济、宗教等因素呢? 这还需要等待将来的研究"[2]。

本文则拟从另一角度来回答这个问题。

在南怀仁于1658年离开欧洲来华之前,望远镜已被欧洲天文界广泛采用。就是在中国,邓玉函(Johann Schrek,1576—1630)在1618年已把小型望远镜带来,汤若望(Adam Schall,1591—1666)于1662年翻译出版了《远镜说》一书,李天经并于1635年制造了望远镜[3]。南怀仁对这些情况并不是不知道,但是当他于1669年奉命制造天文仪器时,为什么不制造望远镜呢? 笔者认为,并不是由于宗教偏见,他想对中国人有所隐瞒;也不是由于中国没有物质条件和技术条件;而是由于当时望远镜的质量还很差,不能用于精确的方位天文观测。这可由南怀仁制造天文仪器之后10年,1679年两位著名天文学家赫威律斯(John Hevelius,1611—1687)和哈雷(Edmond Halley ,1656—1742)之间所进行的一次观测比较得到证实。

波兰天文学家赫威律斯是一位熟练的观测者,他曾经制造过几架长焦距折射望远镜,并在他的《天文器械》(Machinae Coelestis,1673)一书中有详细的叙述。但是他认为望远镜不适宜于做精确的恒星定位工作,在1674年左右和英国胡克(Robert Hooke,1635—1703)发生了一场争论:是用肉眼观测好,还是用望远镜观测好? 胡克强烈否定前者的可靠性,充分肯定后者的优越性。为了解决这场争论,1679年伦敦皇家学会便挑选了年仅23岁的哈雷前往波兰和赫威律斯进行比赛,而赫威律斯此时年已70。但一老一少间的这场比赛进行得非常友好。哈雷在当选皇家学会会员之前,已于1676年在圣海伦(St Helena)岛上用带有望远镜的纪限仪(Sertant)观测过350颗南天的星,使用望远镜已很有经验。

据Mac Pike研究[4],在1679年5月26日(新历)哈雷到达但泽(Danzig)市的当天晚上,就开始了观测工作。赫威律斯在他《观象年册》(Annus Climatericus)中有全部纪录,哈雷也有信写给毛尔(Jonas Moore,1617—1679)和傅兰姆斯梯德(John Flamsteed,1646—1719)。毛尔于6月5日就收到哈雷的信,并由胡克于当天在皇家学会做了报告。哈雷在信中说,赫威律斯的仪器很特别,全用目视观测,但他能把相距半分的两个星分辨开来,而我用望远镜把相距一分的还区别不开[5]。在6月17日写给傅兰姆斯梯德的信中,哈雷叙述了赫威律斯的直径5英尺

的地平经仪(Azimuthal Quadrant)和直径6英尺的纪限仪,并详细描写了用后者测量天体间角距离的过程"屡次观测结果,如此极近一致,使我感到惊讶;如果不是亲眼看到,我决不敢相信。我亲眼看到,几次观测所得距离相同,误差不超过10″。""上星期三我也做了一次观测。首先我执可动的照准器,合作者执固定的照准器,测得天鹰座Lucida星和蛇夫座Yed星之间的距离为55°19′00″;然后移动刻度盘上的指针,合作者执可动的照准器,我执固定的照准器,做同样观测,得55°19′05″;而你在赫威律斯《天文器械》第4册第272页上可以发现,他做了六次观测,所得距离都是一样,所以我再不敢怀疑他的精确性(veracity)。"[6]在这里,我们可以补充说明,据赫威律斯的记载,哈雷用具有望远镜的纪限仪观测,所得结果是55°11′00″;比较观测的最后效果,使得赫威律斯更加相信老的观测方法的可靠性。

哈雷在但泽市一直停留到7月18日。临行前,根据主人的希望,对主人的仪器和它们的性能留下了书面意见(written testimony):"我亲眼看见,用铜制的大型纪限仪所进行的恒星位置观测,不只是一次、两次,而是许多次,都高度精确,而且令人难以置信的相互一致,其误差远小于一分;这些观测是由不同的人,有时就是由鉴证者本人做的。"[7]

1710年一位访问过英国牛津的德国旅行者写道:"卡斯威尔(John Caswell)确认,当哈雷在赫威律斯处工作时,他发现用300英尺长的望远镜什么也看不见,根本无法观测。赫氏的其他的望远镜也不能用,因为镜子太大(Over large glasses),不能把星象集中到目镜中心。这些过大的望远镜没有什么价值,就是牛顿(1643—1727)和马绍尔(John Marshall),在英国用这些仪器也做不了什么工作。"[8]马绍尔是得到皇家学会认可的第一位英国光学家。我们发现,这段记录中有两个错误,需要改正:(1)赫威律斯望远镜的焦距是150英尺,不是300英尺;(2)不是镜子太大,而是焦距太长(Over long focus)。

长焦距望远镜是如此之笨重:1692年惠更斯(Christiaan Huygens 1629—1695)把他的焦距长123英尺、物镜直径为7.5英寸的望远镜由荷兰送给英国伦敦皇家学会时,学会想把它垂直挂在一个高建筑上进行天顶观测,但是没找到一个建筑具有必要的高度和稳定度。1710年彭德(James Pound,1669—1724)把镜片借去,安装在万斯提德(Wanstead)公园里五朔节花柱(maypole)上。这架望远镜的性能给克罗斯威特(Joseph Crosthwaite,第一位皇家天文学家傅兰姆斯梯德的助手)的印象不好。他于1720年5月6日写给夏普(Abraham Sharp,1653—1742)的信中说,露天安装的长123英尺的望远镜不可能得出许多好的观测结果。[9]

为了缩短焦距,胡克于1688年设计了一个镜片系统,当光线通过物镜以后,经过一系列反射,再到目镜,这样可以把长60英尺的望远镜,缩短到长12英尺的一个盒子中。同年,牛顿发明了反射望远镜,但制造出来的第一架,口径只有1英寸,长6英寸。这太小了!它不能代替折射望远镜,直到18世纪以前,反射望远镜只不过是一种有趣的科学玩具而已[10]。

这段历史表明,在球面像差(spherical aberration)和色差(chromatic aberration)问题没有解决以前,在天体位置测量方面,望远镜尚不是先进的工具。而当时清朝政府所需要的,正是进行天体位置测量,以满足历法工作,所以南怀仁不造望远镜是有理由的。科学史工作应该把现象放在当时的历史条件下来考察,不应该以今天的眼光来看过去。

(本文英文稿曾于1988年9月16日在比利时召开的纪念南怀仁逝世300周年国际学术讨论会上宣读。又,本文写作过程中,曾得到宣焕灿先生的帮助,作者在此表示衷心的感谢。)

参 考 文 献

[1] 刘金沂.中国科技史料,1986.5(4):101－107
[2] 何丙郁.西方天文学家传奇——参观北京古观象台有感.方励之主编.科学史论集.合肥:中国科学技术大学出版社,1987.101－116
[3] K. Hashimoto. *Hsu Kuang Ch' i and Astronomical Reform*. Osaka: 1988. 219
[4] E. F. MacPike Hevelius. Flamsteed and Halley London: 1937 . 86－88
[5] T. Birch. *History of the Royal Society of London*, Vol. 3. London: 1756; New York and London Johnson Reprint Corporation, 1968. 488
[6] E. F. MacPike, ed. *Corespondence and Papers of Edmond Halley*. London: 1932. 42－43
[7] J. E. Olhoff, *Excerpta ex litreris ……ad J. Hevelius* (Gedani, 1683).
[8] W. H. Quarrell, ed. *Oxford in* 1710 *from the Trauels of Zacharias Conard uon Uffenbach*. London: 1928. 70
[9] H. C. King. *The History of the Telescope*. London: 1955. 63－65
[10] H. C. King. *The History of the Telescope*. London: 1955. 61, 72.

Why F. Verbiest did not Make a Telescope

The six large astronomical instruments made by Ferdinand Verbiest form 1669 to 1674 and now preserved at Beijing Ancient Observatory belong to a classical system, in which there is no telescope and observations are all carried out with the naked eyes. Some scholars consider that the use of them was advanced in comparision with that of ancient China, but in the history of astronomy throughout the world it was backward , because they were made more than 60 years after the invention of the telescope and its use to observe heavenly bodies. The author does not completely agree with this view. He cites two examples to prove that at that time the telescope was not yet suited to determine precisely the positions of the stars, which was the need of the Qing government for improving its calendar.

The first example is the result of a comparative observation made by two distinguished astronomers, John Hevelius and Edmond Halley, in 1679, namely 10 years after Verbiest's making the six instruments. It shows that with common sights Hevelius was capable of making observation of the distance of two stars to half a minute, but with telescope Halley was not able to do this nearer than to a minute.

The next is that when the 123 foot focus telescope of 7.5 inches aperture, together with the supporting aerial appartus, was presented by Christiaan Huygens to the Royal Society in 1692, the Society considered erecting it for zenith observations on a high building, but none had the requiste height and stability. Joseph Crosthwaite was not impressed by the telescope's performance and concluded that not many good observations could be made with it in the open air.

In fact, before the problems of spherical aberration and chromatic aberration were resolved, the telescope was not an advanced instrument in positional astronomical observations. So it is reasonable that Verbiest did not make a telescope, and we should not criticize him by today's point of view.

〔原刊何丙郁等著:《中国科技史论文集》,
台北,联经出版事业公司 1995〕

《中国古星图》序

曹婉如等教授合作编辑的《中国古代地图集》出版以后，受到学术界的高度好评，被谭其骧院士誉为弘扬民族文化的传世之作，具有承先启后的历史意义。天与地相对，有《中国古代地图集》出版，也就应该有《中国古星图》出版。英国皇家学会会员、中国科学院外籍院士李约瑟(J. Needham)在他的不朽巨著《中国科学技术史》第三卷中说：

> 了解到世界其他各地绘制星图的情况以后，我们就可以明白，绝不能轻视中国星图从汉到元、明这一完整的传统。蒂勒(G. Thiele)、布朗(B. Brown)和《科学史导论》的作者萨顿(G. Sarton)都认为，从中世纪直到14世纪末，除中国的星图以外，再也举不出别的星图了。在这时期之前，只有粗糙的埃及示意图和主要具有美术性质的形象示意图，而不是星座本身。我们曾经听说，大约在公元850年的时候，查理曼大帝有一个按原位刻着星辰的银盘。但是，这个银盘在科学上有多大价值，则不得而知。看来，结论应当是这样：欧洲在文艺复兴以前可以和中国传统星图相提并论的东西，可以说没有，甚至简直就没有。

而今，令我们庆幸的是，试图总括中国星图传统的这本书，能通过一个偶然的机会得以出现。这也许就是辩证法所说的必然性往往通过偶然性来实现吧！

1992年，福建省泉州市发现了一份明代星图，收藏者想出让，中国科学院自然科学史研究所，还有其他单位，都想收藏，但自然科学史研究所因经费拮据，无力解决。1994年金秋鹏教授将此事与泉州市海滨城市信用社主任黄孙奎联系以后，黄先生毅然决定，搜集此图，把它捐赠给自然科学史研究所，并提供经费，进行研究。自然科学史研究所同人们闻讯之后，非常感动，觉得黄先生作为一个企业家，如此热爱祖国文化，如此支持科学事业，我们专业人员就不能不立即行动起来，做好这项研究工作，于是成立了以陈美东教授为首的研究小组。这个小组分工合作，并得到所外潘鼐先生和伊世同先生的支持，在半年多的时间内完成了这本论文集，其速度之快可以说是惊人的。而更快的是，辽宁教育出版社在收到稿子以后，三个月内就可以出版，并且不要分文补贴，在今天学术著作出版困难的情况下，该社如此爽快办事，也很令我佩服。

近几年来，辽宁教育出版社推出了许多水平高的科学史著作，在国内外赢得了很大的声誉。这本书的出版，也不会例外。全书收录论文18篇，彩色图版18幅，黑白图版111幅，随文图数十幅，可谓图文并茂。有此一书，中国古代星图就尽入视野之中，很是方便。在论文编排上主要以明代星图为主，但有薄树人教授《中国古代星图概要》一篇居首，读者便可从中一窥中国古代星图演变的脉络和概貌。前此，对于明代星图所知约有10种，作过认真研究者仅6种，其余只在有关著作中提及而未见其图。本次研究以泉州新发现的《天文节候躔次全图》为契机，对明代星图作了较全面的调查，共发现了7种新图，并一一作了研究。《天文节候躔次全图》是这次研究的重点，共有3篇文章，这3篇文章是由3位青年同志写的，读他们的文章，备

感亲切，觉得天文学史研究后继有人，不胜欣慰。

作为泉州星图这件事情的始终关心者，对这项研究成果的问世，自有无比的喜悦，我愿借此机会向泉州市海滨城市信用社、辽宁教育出版社和参与这项研究工作的所有人员表示衷心的感谢，并乐意向广大读者推荐此书。当然，我也不敢说这本书就是尽善尽美。如有不妥之处，仍请读者批评，我想作者们是欢迎的。

1996年7月21日于北京

〔陈美东主编：《中国古星图》，沈阳，辽宁教育出版社，1996〕

《中国少数民族科学技术史》丛书序

1980年5月在成都召开的一次天文学史会议期间，李迪先生问我，有哪些题目可做？我说：“老兄身居内蒙古，地处少数民族区域，少数民族科学技术史就是一个很好的题目，大有文章可做。”我当时只是随便说说，不料李先生当真干起来，而且做得很出色。在短短的14年中，他做出了如此巨大的成绩，令我非常敬佩。他就如何开展少数民族技术史研究提出了许多纲领性的见解；他组建了中国少数民族科学技术史研究会，这个研究会主持召开了3次全国性的学术讨论会和两次国际会议；他主编的《中国少数民族科学技术史研究》已出版了7辑，而今又组织研究会成员编写这套《中国少数民族科学技术史》丛书，更是集其大成，蔚为壮观，可喜可贺。

中国是一个多民族的国家，每个民族在科学技术方面都有自己的贡献。正本清源，研究清楚这些成就和贡献，不仅对民族史研究是一个重要贡献，而且会丰富中国科学技术史的内容，甚至对世界科学技术史做出贡献。科学技术是全人类的共同财富，物质的属性和自然界的规律等待着人们去发现、去利用，但不同的国家、地区或民族，因所处的地理环境、社会状态和文化背景的不同，对它们的发现有先后，对它们的解释和利用有差别，因而就形成了科学技术发展的国家特色、地区特色和民族特色。越是在古代，越是在交通不便的地方，这种特色也越显著。就世界范围来说，观察的都是日月星，希腊天文学、玛雅天文学和中国天文学就迥然不同；都是治病救人，西医和中医却是显然有别的两大体系。以中国境内而论，汉医、蒙医、藏医也有不同；汉历、藏历、傣历、彝族“十月历”也各具特色；建筑技术的民族风格更是百花齐放，各有千秋。

矛盾的普遍性寓于矛盾的特殊性之中。对矛盾的特殊性研究得越彻底，对矛盾的普遍性就了解得越深刻。对各民族、各地区、各国家的科学技术史研究得越透彻，对它们之间的异同、传播、交流和影响也就摸得越清楚，对科学技术发展的普遍规律也就容易找出来。我是从这样一个高度来看待少数民族科学技术史的研究工作的：就研究对象来说具有开创性，就工作意义来说具有世界性。所以我认为这套丛书的出版，是我国科学技术史界的一件大事。值此出版之际，愿意为它摇旗呐喊，希望有更多的人来关心这项工作，有更多的人来从事这项工作，把中华民族的各个组成部分对人类所做的贡献都发掘出来，使已经开始受世人注目的中国科学技术史更加丰富多彩。

1994年9月14日

〔李迪主编：《中国少数民族科学技术史》丛书，
南宁，广西科学技术出版社1996〕

History of Science and Modern Sciences

Using examples in biology and mathematics, the mutual reinforcement correlation between the history of science and modern sciences in respect to the method of thinking is expounded in this article. The great value of historical materials to modern sciences is explained by citing instances in astronomy, earth sciences and engineering. The importance of the study of the external history of science (i.e. the sociological history of science) to personnel training and policy formulation is stressed. This article also seeks to make clear that the history of science itself is a modern discipline, which has just taken shape in the world during the 20th century, and that the discipline demands prompt development in China in view of its even later start.

1. Method of Thinking: A Combination of Two

It is very difficult to draw a clear line of definition between history and modern times. Some people deem that most of the events carried by newspapers today are history, since they took place yesterday or even earlier, and belong to the past. According to this viewpoint, almost all sciences should be arranged under the category of history except research being conducted or planned right now. Of course this point of view is not practical and cannot be universally accepted. What then do modern times mean? B. Fantini, an Italian historian of biology, offered, as a point-blank answer to this question, that"contemporary era" means those events occurring in front of us. This definition is naive: it is of no help even concerning a simple chronicle of events. We may set a consistently-used starting point, i.e. the 20th century. However, which year denotes the beginning of the 20th century, the year 1900 or the year 1901 ? There still exists controversy over this issue. Similarly, there has not been unanimity on the question which year, the year 2000 or 2001, should be the first year of the 21st century. Suppose that the 20th century started from 1900, then the year 1900 is quite significant for biology because precisely in that year Mendel's law of heredity was rediscovered. The discovery laid a theoretical foundation for bioengineering, making it possible to change species according to man's demands. It exerts fundamental influences on population growth, grain production, eugenics, education, crime and medical jurisprudence, as well as the restrictive function in formulating basic state policies. It is such an epoch-making discovery that we could consider "modern life sciences" the science of the 20th century. This way of thinking, however, would bring about some dangers, one of which is that an artificial discontinuity would be inserted between the life sciences of the 19th century and that of the 20th century. But they appeared in a successive way as shown by the fact that Mendel published

his paper "Experiments on Plant Hybridization" early in 1865. That ingeniously-plotted paper presented Mendel's exact experiments, statistical data and novel conclusions, which was indeed an epoch-making achievement. Unfortunately, no one in the sphere of learning showed any interest in his conclusions at that time or even for 35 years afterwards. Mendel is quoted as saying, "Look: now my era is coming!" But he died in 1884 and could not see the coming of his era. It was not until 1900 that Mendel's law of heredity was rediscovered. From the spring to early summer of that year, H. de Vires of the Netherlands, C. Correns of Germany and E. Seysenegg-Tschermak of Austria discovered the law once again independently. Not until then did the law attract worldwide attention. Based on this fact, the starting point of modern life sciences should not be the year 1900 but the year 1865. Moreover, the three biologists all maintained that Mendel's studies were not only earlier than theirs, but also meticulous.

An important extension can be made from this example; that is to say, if the method of thinking or theory of a scientist of the remote past can be used as a part in formulating a present-day theory, it can also be regarded as the "modern one". Accepting this point of view, M. Delbrück, a biophysicist and winner of the Nobel Prize of 1969 for physiology and medicine, wrote an article entitled "Aristotle-totle-totle", proposing that Aristotle should be regarded as one of founders of molecular biology. In addition, L. W. Rosenfield composed a monograph entitled "Aristotle and Information Theory". Both held that the history of a discipline or an issue should be considered identical to that of modern times, provided that it belongs to the same knowledge system and paradigm as the topics that we are now interested in. "Paradigm" is a term often used by T. S. Kuhn in his book "The Structure of Scientific Revolutions", meaning the fountainhead of the research method, fields of the topics, and standard answers which have been accepted by a mature scientific community. It is just this sense of the term that make clear the immediate significance and unique function of the history of science. Project "Machine proof and its application", which has been listed in the Climbing Program during the Eighth Five-Year Plan of China, is a practical example in this respect.

Proof of mathematical theorems by means of machinery is part of the mechanization of mathematics initiated by Wu Wenjun, CAS Member, based on the inheritance of traditional ancient Chinese mathematics. "Mechanization" was proposed with reference to "axiomatization". The idea of axiomatization originated in ancient Greece. Euclid's "Elements", the representative work in this realm, constructs a logical deduction system composed of definition, axioms, and theorems. In ancient China, mathematical works since the Han Dynasty (206 B. C.—220 A. D.) ushered in other types of expressions, with the monograph "Nine Chapters of Arithmetic" as the main representative of this period. This book consists of nine parts (chapters), totally devoted to 246 practical problems. In each part a general algorithm is summed up after presenting some specific questions of the same category. By this relatively mechanical algorithm, there will be limited and definite choices for the next step after each step forward. By advancing along such a regular and inflexible route, the conclusion is reached. This way of doing things, however, is just in accordance with the programmed operation with computers. Using the root-extraction method by successive multiplication and additions and the method of solving equations with positive-negative

coefficients which were developed during the Song (960—1279) and Yuan (1271—1368) Dynasties, Mr. Wu Wenjun programmed a microroutine on a Model HP25 pocket calculator with only eight storage cells. With this program, the calculator can solve even quintic equations and the solution accuracy can be predetermined arbitrarily.

Another characteristic of the mathematical development during China's Song and Yuan Dynasties is the transformation of many geometrical questions into solving the algebraic equations or equation sets (Analytic geometry that was developed later in the 17th century by Frenchman R. Descartes deals with the said questions in just the same way), following which a concept analogous to the modern concept of polynomials was introduced and the relevant algebraic approaches, i.e. the rules for polynomial operation and the method of elimination of unknowns were established. Based on his solid foundation of geometry and topology, Mr. Wu Wenjun represented the geometrical problems by algebraic means which assimilate the two major characters of the mathematics during the Song and Yuan Dynasties. He then put forward a complete set of feasible algorithms for solving the algebraic equation sets in order to apply them to a computer. This drive first succeeded in the machine proof of geometrical theorems, followed by these algorithms' expansion in differential geometry in 1978. In 1983, Zhou Xianqing, a young visiting scholar then studying in the United States, presented Wu's method at the Pan-America Symposium on the Machine Proof of Theorems, proving in one vigorous effort more than 500 geometrical theorems with higher degree of difficulty using his self-programmed software. This caused a sensation throughout the international academic sphere. J. S. Moore considered that the mechanization of the proof of geometrical theorems had been in the dark before Wu's work, which gave light to this whole sphere. An excellent example of the application of Wu's method is the automatic derivation of Newton's law of universal gravitation from Kepler's three laws of planetary motion, which, in every sense, should be regarded as an amazing achievement. However, not resting on his laurels, Mr. Wu says, "We should continue to carry forward the distinguishing mechanization feature of traditional ancient Chinese mathematics, and explore in various branches of mathematics to seek approaches to the realization of a machine proof, since we know the establishment of mechanized mathematics is a task that would have only been filed on the whole by the end of the 21st century."

2. Roles of Historical Materials in Modern Research

Those examples demonstrate the effects of science in history on modern sciences in respect to the method of thinking. In another respect, science in history can also provide modern sciences with plenty of research material. In a 1989 summary entitled "Four Decades of the CAS in Mathematics, Astronomy and Mechanics", three CAS Members, Wang Yuan, Wang Shouguan and Zheng Zhemin, pointed out that the work of sifting, systematizing and analyzing the materials of ancient Chinese astronomy (as well as that of other ancient countries) since the 1950s has made it possible to extend the studies of some modernly-observed astronomical phenomena "backward" over an extremely large time span. Such cases making use of ancient sources to serve the present

studies have attracted much attention from all sides. In particular, the identification of supernova remnants, and the predication of their age using the records of supernova outbursts in ancient times received world-wide acclaim. In 1955, I. S. Shklovsky, a foreign member of National Academy of Sciences of USA and Director of the Radio Astronomy Research Chamber of Moscow University, was intrigued by the present author's article concerning the relationship of radio sources with records of supernova explosions in ancient China. He noted that the achievements in radio astronomy — the latest and era-transcendental science based on radio physics, electronics, theoretical physics and astrophysics — have been related to the observational records of China's ancient astronomers. The fruit of their labor, which has endured for thousands of years, has proved a wealth of valuable information which enriches contemporary scientific knowledge. Professor Shklovsky is quoted as saying, "We obtained valuable information from every line of these historical records."

During recent decades, it has become a hot topic to investigate the supernova remnant, the inhomogeneity of earth's rotation, the periods of sunspot activity, the orbital variation of Halley's comet and so on by use of ancient Chinese records of celestial phenomena. There have been people engaged in research on these problems in the United Kingdom, the United States, Japan, the Republic of Korea, etc.

Historical material also play an important role in the research jobs of earth sciences. The studies on climatic variation by Mr. Zhu Kezhen (Chinese meteorologist and late CAS Member) could be regarded as one of the outstanding examples in this field. From 1925, he began collecting material and data concerning weather changes, the distribution of fauna and flora, the fluctuation of glaciers, the ascending and descending of snow lines and the freezing of rivers and lakes from Confucian classics, historical records, philosophical writings and miscellaneous works as well as from ancients' notebooks, fiction, diaries and local chronicles. He sifted and systematized these material and brought out in 1972, before passing away, a paper entitled "A Preliminary Study on China's Climatic Variation from 5 000 Years Ago." In this paper, Mr. Zhu Presented these conclusions: During the first 2 000 years out of the 5 000 years period, the annual average temperature in the Yellow River Drainage Area was 2℃ higher than that of the present time, and it was 2℃—5℃ higher in winter, analogous to that of the present-day in the Yangtze River Drainage Area; while during the latter 3 000 years, there occurred a sequence of cold-warm fluctuations, each lasting for about 300—800 years with the variation of the annual average temperature in the range of 0.5℃—1℃. He also believed that the climatic fluctuation is worldwide. No sooner had Mr. Zhu Kezhen published his article than it was translated into English, German, French, Japanese and Arabic. A review carried out in the journal Nature points out that "Zhu Kezhen's arguments are especially convincing, laying his emphasis upon the approach to the investigation into climatic variation. There is no doubt that Western meteorologists would be very pleased to have this comprehensive article." So far, research on the global climatic change has become an important project. Although large amounts of funds have been invested in this field and various advanced research means, including computer simulation, have been adopted, the historical method initiated by Zhu Kezhen is after all an effective approach.

Another example is the compilation of the "Chronological Table of Seismic Data of China" and the research jobs concerned under the leadership of Mr. Li Siguang and Mr. Zhu Kezhen in the initial stage after the founding of the People's Republic. As basic research, the project is of practical significance. It is quite difficult to predict earthquakes. Until now there have been no effective approaches to earthquake prediction, although seismologists all over the world have long been making great efforts in this field. Before the year 1949 when the People's Republic was founded, China had only two seismic stations, in Beijing and Nanjing. After 1949, additional seismic stations was established, but the total was still not enough to meet the construction needs in the First Five-Year Plan Period owing to the limited number of years. The main task of the First Five-Year Plan was to develop heavy industries. According to the procedure for setting up a new factory, the choice of the factory site requires first having a good grasp of seismic intensity of the spot where the factory will be located. If the seismic intensity may reach magnitude 7, precautions against earthquakes should be taken in the capital construction; if the seismic intensity may reach above magnitude 10, the factory site must be abandoned, even if other conditions are very favorable. Under such urgent circumstances, the only alternative was to give full play to the advantages of China's historical records. A large number of seismological workers and historians were organized and dispatched to all parts of the country to collect, itemize and summarize seismic data for the tentative sites. They listed the seismic intensities for more than 500 spots, drew up the isoseismic lines and finally plotted the Map of China's Seismic Active Areas, which satisfied the needs of the economic construction. The occurrence of a disastrous earthquake in Tangshan in 1976 made seismological prediction even more important. The Chinese Academy of Social Sciences, the Chinese Academy of Sciences and the State Bureau of Seismology were united to reorganize manpower. After five years of more detailed work, a five-volume treatise "A Corpus of Data on China's Earthquakes in History" was completed.

In recent years, there has been yet another project related to the research of the history of sciences, i. e. the Investigation of the History and *Status Quo* of Heavy Rock Avalanches and Landslides in the Three Gorges Area. With the significance similar to that of seismic intensity for architectural engineering, this project undertaken by the Research Chamber of the History of Water Conservation, Academy of Water Conservation Science of China, is an indispensable part of the preparatory work for the trans-century Three Gorges project. Researchers consulted the historical records and geologic prospecting data accumulated in the past 1 800 years, and successively conducted site investigations three times. Based on these preparations, they formulated a corresponding historical model of this area and put forward a feasibility report. This report presents the segments of the River where heavy rock avalanches and landslides occurred massively during the past 2 000 years as well as the periods and seasonal variation rules of massively occurrence. According to this report, the most serious cases only resulted in the short-time blockage of the River without the formation of year-long barrage of accumulated rocks. It is also demonstrated in this report that the rock avalanches occurring at Huanglashi and Xintan respectively in Zigui County and Badong County of Hubei Province are the largest in scale and hence the most serious and potentially harmful. Such rock avalanches, therefore, should be prevented by means of barricades

which would not restrict the construction of the Three Gorges Project. And thus, for similar geological disasters that will likely take place in the Three Gorges Area, this report is a dependable reference for the geographical distribution, inductive factors, the possible scale and frequency. It also provides a scientific basis for the prediction of the influences of possible disasters on the engineering construction, the future operation, the safety of nearby towns and safe navigation. It is shown here that the "Historical Model" has brought us the results that could not be obtained via theoretical analyses and calculations in light of geological theories.

Historical materials can not only provide abundant evidence for contemporary scientific research and engineering construction, but also it can bring forward problems, sometimes new problems, to be solved using modern sciences. With the successive excavation of Pit No. 1, Pit No. 3 and Pit No. 2 (the original chambers for terra-cotta soldiers and horses) of the tomb of Qin Shihuang, the First Emperor of the Qin Dynasty (221 B. C.—206 B. C.), many mysterious phenomena occurred, and are considered by some to be unfathomable enigmas:

(1) A bent sword under a pottery figure weighing several hundred kilograms slowly has returned to its original shape, becoming perfectly straight when the pottery figure was moved away. How did the Qin people living more than 2 000 years ago in the time not long after the appearance of iron-melting, forge such a sword with its elasticity unchanged for thousands of years?

(2) Weapons carried by the pottery soldiers were all chromium-plated. Chromium-plating needs electricity. The chromium-plating technique was invented by Americans in 1937 and only in the 1950s did the German get this patent. How then was the chromium on the warriors' weapons plated? What technique and procedure did they adopt?

(3) The bronze carriage is the rarest treasure unearthed up to now. The most extraordinary is its ultra-large, ultra-long and ultra-thin canopy shaped by casting. How was it made more than 2 000 years ago?

(4) The pigments used for painting the pottery figures were all minerals, the red is cinnabar, the black is carbon, and the white is apatite. Only the purple was unknown. The modern mineralogical determination of it revealed that the component of this purple pigment is copper-barium silicate, which has never been found in nature and was not synthesized until the 1980s. But it was used for painting the pottery Qin figures as early as 2 000 years ago. How can we explain this? Answers to the above questions are currently being sought.

3. Reference to Mutual Influence of Science and Society

In addition to the overlapping of the history of science with modern sciences in respects to the method of thinking and the utilization of materials, the study itself can also provide modern sciences with references. In the "Autobiographical Notes" of his later years, Einstein says that Mach's "Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development" exerted a profound influence over him. Many accomplished scientists are well acquainted with the history of their own discipline, but prone to regard it as a department of scientific knowledge. They study its accumulation, especially the supersession of mistakes and superstitions by correct knowledge;

however, they pay little attention to its connection with external social phenomena. The 1930s saw a new orientation in the research of the history of science, which has since developed into the sociological history of science, also known as the external history of science. The first article representing the new orientation is "The Social and Economic Roots of Newton's Principle" presented by B. Hessen, a scholar of the former USSR, at the Second International Conference on History of Science. In his article Hessen discussed the promotion of the demands of warfare, trade and transportation in Britain in the 17th century to Newton's research, instead of the inheritance correlation between Newton's law of universal gravitation, Copernicus's heliocentric theory, Galileo's law of inertia and Kepler's three laws of planetary motion. This article created a great sensation for a time. Although there exists controversy over its content, there are more and more people working along this route.

The issue discussed in Hessen's article is the influence of society on science. The influence of science on society can in turn become a research field. When reviewing Copernicus's heliocentric theory, Goethe, a German poet, said such an earth-shaking reversal of man's consciousness has not been seen since ancient times. If the earth was not the center of the universe, the innumerable things the ancient people believed in would all be in vain. Who then would trust in the Garden of Eden, those hymns and religious stories? According to the latest research results of Prof. Yuan Zhengguang, to the surprise of many, there exits connections between Copernicus's heliocentric theory and the market economy. A crucial person concerned was Newton's good friend John Locke (1632—1704), who, inspired by the scientific achievements from Copernicus to Newton as well as their scientific spirits, reversed the ideology that God was the center of man's activities and established anthropocentricism, a theory that holds mankind to be central and key and believes that human society has its inherent laws. When commenting on Locke's theory, Karl Marx thought that Locke's philosophy laid a foundation for all the conceptions of the later British political economy. The "British political economy" referred to here by Marx is just the classical political economy of Adam Smith (1723—1790). In his work "An Inquiry into the Nature and Causes of the WEALTH OF NATIONS", Adam Smith said "He generally, indeed, neither intends to promote the public interest, nor knows how much he is promoting it... he intends only his own gain, and he is in this as in many other cases, led by an invisible hand to promote an end which was no part of his intention. Nor is it always the worse for the society that it was no part of it. By pursuing his own interest he frequently promotes that of the society more effectually than when he really intends to promote it, I have never known much good done by those who affected to trade for the public good." Samuelson, a world-renowned economist, said that Adam Smith's greatest contribution was his discovery of that "invisible hand", in other words, in the economic sphere, he got hold of that which is analogous to what Newton observed in the material world, i.e. the self-regulating market mechanism. It can be seen from stages of history that one should not focus only on the immediate economic gains of basic research, but on its social benefits as well, which are sometimes tremendous, social benefits warrant special attention when scientific policies are formulated.

Studies on the correlation of science and technology with society may envelope quite a lot of

specific application topics. Issues, such as the ground for the appearance of supermarkets, the feasibility study on the development of family cars in China and so on, can all be discussed from the angle of the history of science. In terms of the sociological history of science, however, science is especially regarded as a social undertaking with stress on studying the individuals and groups initiating this undertaking.

By individuals we mean scientists. We usually relate past scientific results with some scientists, such as Copernicus, Newton and Darwin; until now Nobel Prizes have been awarded to individuals but not to groups. Therefore, quite a bit of the work on the history of science is to compose biographies of scientists, summing up their success and failures, describing their fortunes, personalities and undertakings, and eulogizing scientism and the spirits of their times embodied from their deeds, which encourages the young generation devote themselves to scientific undertakings. This is also imperative for training qualified personnel with a creative spirit and willpower.

Nevertheless, individuals are not like castaways on an isolated island without any contact with the outside world. They are members of society. This is especially true for scientists. A scientist is not standing barehanded in front of the natural world. He is armed with large amounts of knowledge, skills and practical experiences as well as equipment. Moreover, scientific work has been developing into a collective undertaking to a greater and greater degree along with the more and more specialization and complication of science itself, namely, along with the big science coming into being. Under such conditions, it has become increasingly important to conduct research as part of a group. The so-called group here may mean an institution, a learned society, a school of thought, or a country or a region during a certain historical period. This kind of research can be conducted either on the objects themselves, such as Ms. K. Macrakis's research on KWG, the predecessor of the now Max Planck Society, or further by relating the objects with one another, such as A. P. Yushkeivich and S. S. Demidov's analysis of the subtle competition in the realm of mathematics between the Moscow School and the St. Petersburg School. This research has born a lot of significant results. The "Yuasa phenomenon" discovered by Mitsutomo Yuasa provides one such example. He found that the world's center of scientific activities has been transferring constantly from Italy to Britain, to France, to Germany, and now to the United States, since the 16th century. It is no doubt of practical significance to study those transfer-promoting factors. Another example is the paper entitled "History of the Introduction of Modern Science into China" written by Nobelist C. N. Yang in 1993. From looking back on the historical experience of Chinese acceptance of Western science during the past 400 years, he came to the conclusion that by the mid-21st century China will very likely be one of the world's great powers in science and technology.

4. A Modern Discipline

Finally, it is important to point out that the history of science itself is also a modern discipline established only in the 20th century. It is still quite a minor and immature discipline. So far

its level of research is approximately equivalent to that of ante-Newton-period physics. People usually judge whether a discipline is mature or not by the following standards:

(1) Does anyone offers a course of the history of science in colleges of higher education? In 1892, the College of France was going to open a course on the history of science, but there were no professors engaged in this field. In 1895, E. Mach offered in Vienna University a course on natural philosophy and the history of science, but he was not a full professor there. Starting from 1920, G. Sarton (1884—1955) taught systematically the history of science at Harvard university but he had not been appointed to professorship until 1940. He is now acknowledged as the founder of this discipline.

(2) Can academic degrees be granted for this discipline? In 1942, Harvard University conferred the first doctor's degree for the history of science; and in 1987, China conferred the first doctor's degree for the discipline. The difference is 45 years.

(3) Are there any specialized journals? "ISIS", an international magazine of the history of science, started publication in 1913; and China's "Collected Papers of the History of Science" started publication in 1958. The delay-time is also 45 years.

(4) Are there any academic societies in this specific field? The History of Science society was established in the United States in 1924, while the Chinese Society of the History of Science and Technology was set up in 1980 with a delay-time of 56 years.

The major Chinese academic societies and the years when they were set up are as follows: geography, 1909; geology, 1922; astronomy 1922; physics, 1932; chemistry, 1932; botany, 1933; zoology, 1934; and mathematics, 1935.

It can be seen from this chronicle that the discipline of the history of science in China is only of a younger generation, about 50 years younger than other disciplines. And it came into being about 50 year later as compared with that of the United States.

It is fortunate that this discipline has been developing rapidly since China's reform and opening to the outside world. Its research domains continue to expand and its research means are being modernized. Although there are still some difficulties in raising funds, we are fully confident that China will have a more rapid and better development in its research undertakings of the history of science than ever before, so long as we can consciously explore new approaches suitable for working under the conditions of socialist market economy, have a clear idea in mind, adhere to the correct research orientation, and make unremitting efforts.

(A plenary lecture at the 7th International Conference on the History of Science in China, 17—20 January 1996, Shenzhen.)

[This article was published in *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 1996, 10(2)]

阴阳爻与二进制

——读莱布尼茨致白晋的一封信

莱布尼茨(G. W. Leibniz,1646—1716)是17、18世纪之交的一位最重要的德国哲学家和数学家。他是数理逻辑的创始人,微积分的发明者之一。他的多才多艺和关注世界事务的广泛兴趣,很少有人能和他相比。普鲁士国王弗里德里希二世曾经称赞说:"莱布尼茨本人就是一个科学院"。但是他生前并没有留下大部头著作。除了若干篇论文以外,他的学术观点都是在与别人的通信中以各种方式,从各种角度加以论述的。据统计,莱布尼茨一生所写的信中,有200多封论及中国。1990年有魏德迈(R. Widmaier)编的《莱布尼茨中国通信集》(Leibniz Koresspondiert mit China)出版。现存白晋(P. J. Bouvet,1656—1730,1687年抵华)给莱布尼茨的信6封,起自1697年,止于1703年;莱布尼茨给白晋的信9封,起自1697年,止于1707年;这些信均收于《莱布尼茨中国通信集》中。

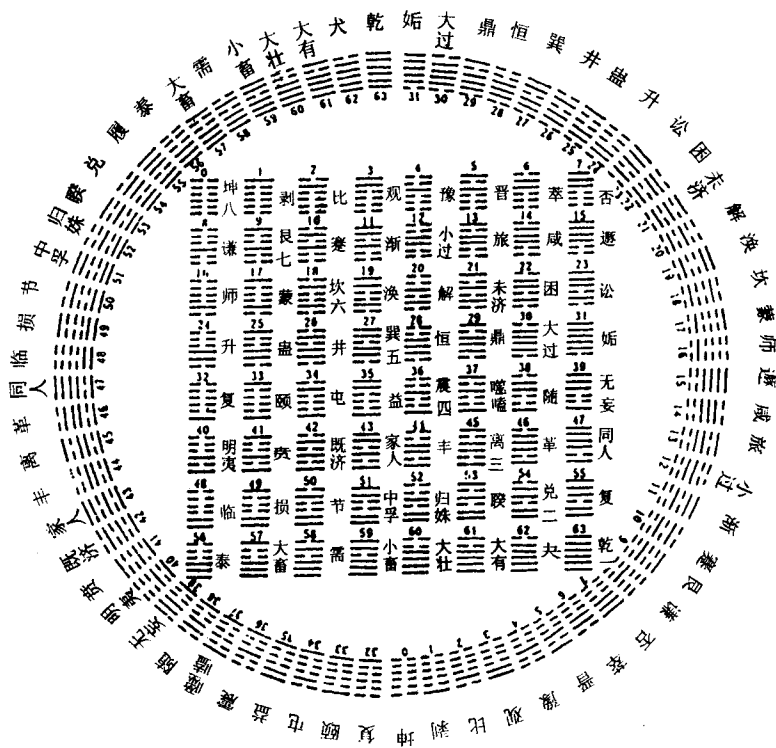
1697年是莱布尼茨和白晋开始交往的第一年。这一年莱布尼茨主编出版了《中国近况》(Novissima Sinica)一书并作"序"。该书收入6篇文献:(1)葡萄牙传教士苏霖(J. Suavez)所写关于康熙皇帝于1692年下旨允许耶稣会士在华传教的文章;(2)比利时传教士南怀仁(F. Verbiest)所写关于中国历法的文章;(3)意大利传教士闵明我1693年12月6日从印度果阿写给莱布尼茨的信;(4)比利时安多(A. Thomas)神父1695年写于北京的信;(5)葡萄牙人徐日昇(S. Pereira)和法国张诚(J. F. Gerbillon)参加中俄尼布楚条约谈判中国代表团的记闻;(6)张诚有关这次谈判的几封信。

《中国近况》出版之时,正逢从法国来华传教的耶稣会士白晋奉康熙皇帝之命回法国招募具有科学修养的耶稣会士。白晋读到此书以后非常激动,遂于该年10月18日提笔给莱布尼茨写了第一封信,并把自己写的《康熙帝传》寄给了他。同年12月2日,莱布尼茨从汉诺威给白晋回了一封很长的信,对其赠书表示感谢,并希望以后多通信讨论有关中国的问题。在这封信中,莱布尼茨还希望白晋返回中国后,能更多地了解数学、物理学方面的情况,并希望借助耶稣会士的努力,完善中国的制图学和地理学。白晋在返华前夕,于1698年2月28日回信答复了莱布尼茨在信中提到的许多问题,并说在华的耶稣会士都对莱布尼茨于1673年发明的既能加减又能乘除的新计算器极感兴趣。

白晋于1698年3月7日由法国启程东返,同年10月底回到中国。此后,他与莱布尼茨继续保持通信联系。1700年11月8日,白晋在从北京写给莱布尼茨的信中,较详细地介绍了《周易》的情况,说它是4000年前中国第一位历法制订者伏羲发明的体系,包含有中国的一切学问和智慧,对卦爻及象数学的分析可以解开所有的谜。这里指的实际上是宋代哲学家邵雍(1011—1077)所创的六十四卦先天方位图(一说为比邵雍稍早的陈抟所创),白晋误以为是伏羲所作,使莱布尼茨也受此误会。

由于路途遥远,邮递困难,1701年2月15日莱布尼茨才写信回答白晋于1699年9月19

日写给他的信,1700 年 11 月 8 日白晋介绍《周易》的信他还没有收到。在这封信中,莱布尼茨首次向白晋介绍了关于二进制的设想。莱布尼茨于同月 26 日向巴黎科学院送交了他的论文《试论新数的科学》,因而在 10 天以前他给白晋写信谈这件事是很自然的。值得注意的是,虽然他于 4 月 25 日在巴黎科学院宣读了这篇论文,但是要求不要出版。

白晋在收到莱布尼茨 1701 年 2 月 15 日的信后,立即发现,如果 0 和 1 两个数码代表《周易》中的阴爻(- -)和阳爻(—),伏羲次序图中的八卦和六十四卦不仅可以分别转换成二进制中的全部 8 个三位数码和全部 64 个六位数码,而且给出了一个从小到大的自然排列顺序。于

白晋寄给莱布尼茨的六十四卦先天方位图

是他在同年 11 月 4 日写了一封极长的信给莱布尼茨,并把伏羲的六十四卦先天方位图寄给了他。这封信经过伦敦,直至 1703 年 4 月 1 日才转到身在柏林的莱布尼茨手中。

莱布尼茨收到白晋的信和伏羲六十四卦先天方位图以后,大受鼓舞,第二天就写信告诉了一位友人,第七天(4 月 7 日)就把论文《关于仅用 0 与 1 两个符号的二进制算术的说明,并附其应用,以及据此解释古代中国伏羲图的探讨》寄送巴黎科学院请求发表(在刊物上登出来的时间则为 1705 年 5 月),又于 4 月 17 日写信给伦敦皇家学会的约翰·思伦说,这个发现使得中国人几千年以来不可解之谜得到了解答。最后又于 5 月 18 日给白晋回复了现在我们翻译出来的这封信。

从此信可以明显地看出,莱布尼茨不是受了伏羲图的启示而发明二进制的,而是在得到伏羲图之后,觉得他发明的二进制大有用途,才决心发表他思索了 20 多年的二进制。在这封信中,他对白晋是这样说的:

我向您承认,即使我自己,如果未曾建立我的二进制算术的话,对伏羲图哪怕研读良久也未必能够理解。早在20年前我脑中就已有这种0和1的算术的想法。……但我保留着我的发现,除非我能同时证明它的巨大用处。……正是在这个时候,您为它找到了用于能解释这座中国的科学丰碑的用处,真使我万分高兴。

严格说来,莱布尼茨并不是二进制的首创者。在莱布尼茨以前欧洲已有人使用过二进制,但他很可能不知道。莱布尼茨论二进制的最初手稿写于1679年3月15日,直到1696年5月与其庇护者奥古斯特(R. Augustus)大公的一次谈话以后,才重新引起他的兴趣。1697年1月2日他送给奥古斯特的新年礼物就是一个二进制的纪念章。纪念章的正面绘的是奥古斯特的侧身像,像的下面是一个由数字0和1组成的王冠图。纪念章的背面是一个由0到17的二进制计数法和十进制计数法的对照表,例如二进制10=十进制2,二进制101=十进制5;对照表的左侧是加法实例,右侧是乘法实例:

$$\begin{array}{rr} 10 & 2 \\ \underline{101} & \underline{5} \\ 111 & 7 \end{array} \qquad\qquad \begin{array}{rr} 101 & 5 \\ \underline{11} & \underline{3} \\ 101 & \\ \underline{101} & \\ 1111 & 15 \end{array}$$

可见这时他的二进制算法已很成熟,而这时他和白晋还不认识,再过六年多以后,1703年4月1日才从白晋手中收到伏羲图,而且伏羲六十四卦图只是它的阴阳爻二元符号可以转换成0与1二进制数码,并不包含莱布尼茨所发明的运算法则。所以莱布尼茨把这两件事联系起来,不单纯是因为有科学上的共性,而是还有神学上的考虑。他在这封信中说得很明白:

您已经充分体会到了它在宗教中的主要功用之一,亦即创世的无与伦比的象征,也就是说,万物来源于惟一的上帝(1)和无(0),没有什么先在的原料。……我相信中国的学者们,当他们了解了这些想法,并且看到伏羲的所有创造都与我们的一致时,将会乐于相信这位巨人也乐于代表上帝(造物主)以及上帝从无创造万物的创世过程。

莱布尼茨和白晋想把中国经典和西方基督教思想统一起来的努力,并没有成功;中国人也没有因为伏羲图和二进制有共同点而对基督教增加兴趣。就二进制本身来说,当时也没有显示出什么重要性。二进制的重要性只是到了20世纪控制论和信息论出现以后才显示出来。1949年维纳(N. Wiener, 1894—1964)在他的划时代著作《控制论》一书中说,这种算术已被人于1932年发现是对大型电子计算机最适用的系统,不论是电路开关或热离子阀,只要使用"开"或"关"两种位置就行。1993年美国克林顿总统上台以后,提出耗资4 000亿美元的信息高速公路计划,轰动全世界,标志着21世纪将进入信息社会。在信息社会中,绝大多数的信息传输(电视、电话、各种图像)都要转换成二进制的数码进行,其特点是速度快、容量大和信息逼真。这些新技术是邵雍和莱布尼茨做梦也想不到的。我们只能历史地看待他们的成就。

〔原刊《国际易学研究》(北京),第二辑,1996〕

关于"李约瑟难题"和近代科学源于希腊的对话

甲:有人认为"李约瑟难题"是中国科学界的最大难题,应把求解这个难题作为中国科学界的一项跨世纪的重大任务。你对这个问题怎么看?

乙:首先,我觉得"李约瑟难题"这个提法不妥。李约瑟提出的问题是:近代科学为什么没有在中国诞生,而诞生在欧洲?他陆陆续续做过一些解答,但最终的答案将出现在他的巨著《中国科学技术史》第七卷中,没有完成就于去年去世了。其次,严格地说,历史上没有发生的事情,不是历史学家研究的对象;要研究,也很难得到一个公认的答案。例如,欧洲为什么始终没有成为一个统一的国家,而中国在秦朝就统一了?这个问题几乎没有人研究;研究了,对促进今天欧洲的一体化,恐怕也没有多大帮助。同样道理,我认为"李约瑟难题"可以研究,但不必大搞。第三,近代科学没有在中国诞生和当今中国科学落后,这是两个问题,不能混为一谈。近代科学产生以后,中心已经发生过几次转移,原来科学根本不发达的美国,而今执世界之牛耳。所以当今中国科学落后和近代科学没有在中国产生要分开来研究。时间、地点和条件是决定一切的。20 世纪的中国不是明末清初的中国,要具体问题具体分析,不能把几百年的问题眉毛胡子一把抓。

甲:那么,我们今天就具体谈谈近代科学在欧洲产生的原因吧!许多人都认为近代科学产生在欧洲和他们吸收了希腊文化有关系,是不是这样?

乙:我觉得这些人的看法值得商榷。欧洲人吸收希腊文化是从 12 世纪开始的,它首先被经院哲学家们所接受,以致马丁·路德在进行宗教改革时,竟埋怨在教会的学校里尽讲亚里士多德的著作而不讲《圣经》。与此相反,近代自然科学则是在反对古希腊科学的激烈斗争中诞生的。

近代自然科学,和整个近代史一样,从哪一年开始,在学术界有不同的看法。在一般的历史研究中,是以 1453 年君士坦丁堡的陷落(即东罗马帝国灭亡)为界;但在科学史中,则以 1543 年为界。这一年出版了哥白尼的《天体运行论》和维萨留斯的《人体结构》两部伟大著作,向以希腊托勒密和盖伦为代表的古希腊天文学和医学传统宣战,笼罩在天、地、人外面的中世纪面纱被完全揭开了,从此自然科学便大踏步地前进。

哥白尼的太阳中心说出现以后,在欧洲所受的阻力,远比传到中国以后所受阻力为大。在欧洲就连马丁·路德也反对,而中国的乾隆皇帝则赞成。1628 年法国思想家博旦(J. Bodin)说:"没有一个有普通知识的人或学过一点物理学的人,会想像如此笨重庞大的地球竟能以太阳为中心上下运动。"博旦所说的知识就是希腊人的知识,所说的物理就是亚里士多德的物理学。为了证实和宣传哥白尼学说,为了推翻亚里士多德的物理学,伽利略写了两部不朽名著:《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(1632 年出版)和《关于两门新科学(力学和弹性学)的对话》(1638 年出版)。这两本书都是以三个人的对话形式来否定亚里士多德的物理学

和天文学，其中亚里士多德的代言人叫辛普利丘，意即头脑简单者，连起名字都带有讽刺挖苦的意味。

甲：亚里士多德的物理学和天文学是错了，是近代科学革命的对象，对近代科学的诞生有阻碍作用，但他创建的逻辑学和发明的三段论法，则使人们的思维得以系统和精密，为近代科学的产生提供了必要的条件，而我们中国则没有。

乙：逻辑和语法一样，是从人们的思维活动中抽象出来的。正如许多人没有学过语法也会说话一样，中国古代没有写出逻辑学著作，不等于中国人不会逻辑思维。再者，逻辑的严密性并不能保证结论的正确性。阿奎那(Thomas Aquinas，1224—1274)运用亚里士多德逻辑学对上帝的存在做出了五大证明，难道上帝真的存在吗？与此相反，作为近代科学开始的一系列新发现，却不是用逻辑推出来的。如果说，哥白尼的《天体运行论》还用了传统的方法，即逻辑的论证，维萨留斯则完全是用观察和实验的方法，得出和旧观念相反的结果。哈维(William Harvey，1578—1657)对血液循环的发现，伽利略对木星卫星的发现，都与三段论法毫无关系。伽利略认为，在物理学中，基本原理必须来自观察和实验，逻辑和数学只是处理实验数据的工具和手段，而不是对先验目标的追求。这正是近代科学方法的精髓。再看看希腊人是怎么说的。柏拉图在他的《理想国》第七卷中说："一个真正的天文学家不必去思考昼夜长短、日月运动以及其他天体的任何事物，不这样做将是愚蠢的。在建立真理时，考虑这样多的事也是愚蠢的。天文学和几何学一样，如果我们要采取正确的方法研究问题，那就要把星空抛在一边。"接着他又引用他的老师苏格拉底的话说："声学的老师们想比较他们仅仅能听到的声音的和谐，这种实验也和天文学观测一样，是白费力气的。"

甲：你举柏拉图和苏格拉底为例，说明希腊文化是近代科学的障碍，这是攻其一点，不计其余。众所周知，希腊学术到苏格拉底为之一变。他把哲学从自然界带到人间，他强调人类研究主体是人类社会，是伦理学，而不是物理学；他主张灵魂不灭，要用神学来解释自然界，用天意来解释历史。这是希腊文化的消极方面。在苏格拉底以前，则是一个英雄时代，从泰利斯到德谟克利特的自然哲学则是近代自然科学的源头。

乙：苏格拉底以前的哲学家们都没有留下什么著作，关于他们只有零散的材料。泰利斯(约前 624—前 547)比孔子(前 551—前 479)略早，相传他根据巴比伦的天文表预告过公元前 585 年的一次日食，但孔子在《春秋》中记录了 37 次日食，而且无一句占卜之语。泰利斯主张的水为万物之源，在中国的《管子》中说得更详细。德谟克利特(约前 460—前 370)和中国墨子(约前 476—前 390)同时，原子的观点在《墨经》中也有，而且《墨经》中的光学、力学和几何学知识远非德谟克利特所能比。如果说伊奥尼亚学派的这些自然知识可以促使近代自然科学产生的话，先秦诸子百家著作中的自然知识总和起来比他们还多，却不能产生，可见不是那么回事。

在苏格拉底以前，希腊还有一个活跃在意大利南部的毕达哥拉斯学派。这个学派实际上是一个维护奴隶制的宗教团体，其思想方法和近代科学毫无共同之点，只是因为他们认为数为万物之源，"十以内的数字具有无比的威力，是神、天和人生活中的第一原理和指南，……不了解数和数的性质，就不可能了解一切事物和它们相互之间的关系"，因而对数学和与数学有密切关系的天文学及音律学有一些贡献。但这些贡献是什么，现在很难说清楚。比如有名的毕达哥拉斯定理(即勾股定理)，实际上早已为巴比伦人和中国人所知，有人说毕达哥拉斯的功绩是提出了对这个定理的证明；但是这个证明又遗失了，现在教科书中所采用的面积证明法，首见于欧几里得的《几何原本》，欧几里得并没有说他的根据是毕达哥拉斯。

甲：是的，希腊前期的自然哲学，只是一些零星的、天才的猜想，与近代以观察、实验、推理

为基础的、系统的科学不属于同一范畴,也不可能直接产生近代科学,但希腊后期(亚历山大时期)却产生了欧几里得《几何原本》这样大部头的逻辑性很强的科学著作,总应该看做是近代科学的前驱吧?

乙:欧几里得(约前 330—前 275)的《几何原本》是什么样子,很难说清楚。现在用的希腊文本是 1808 年在梵蒂冈图书馆发现的公元 10 世纪的一个手抄本,无法肯定它是 1400 多年前的原物,也许就是当时为教欧几里得几何而编的一个手稿。除了这个版本之外,其余阿拉伯文、拉丁文译本都是根据公元 4 世纪末赛翁(Theon)的一个增订本,而这本书没有图。一部讲几何学的书没有图,是什么样子,很难想像。再者,作为近代数学标志的微积分,也并不是从欧几里得几何学发展出来的。牛顿、莱布尼茨和他们的先辈们为了适应当时运动学、弹道学、光学和天文学的需要,大胆地不顾欧几里得关于严密性的要求,发明了微积分。在微积分建立以后,反对微积分者正是那些受着欧几里得几何学束缚的人,关于这一点在 1981 年翻译出版的斯科特的《数学史》中有详细叙述。牛顿的《自然哲学的数学原理》虽然是按《几何原本》的模式写的,但那只是形式。牛顿自己曾经说过,读了《几何原本》对他没有多大帮助。

甲:照你这样说法,希腊文化对近代科学就只有阻碍作用,没有一点积极意义了?

乙:当然不是,例如阿里斯塔克的太阳中心说,就对哥白尼有启发意义。他的一篇短文《论太阳和月亮的距离与大小》也很精彩,所得结果虽然误差很大,但这是人类第一次用比较严谨的方法来研究天体的距离和大小问题,难能可贵。我只是想说明,任何文化都有精华和糟粕两部分,都有其历史的局限性。在传统与现实之间,现实的需要和提供的条件才是科学发展的更重要的动力,正如马克思主义创始人在《德意志意识形态》一书中所说:"甚至那些纯粹的自然科学也只是由于手工业、商业和人们的感性活动才达到自己的目的和获得材料的。"如果说单有希腊文化就能产生近代科学的话,为什么当时没有演变成近代科学,反而连自己的国家都保不住,都被灭亡了! 9 世纪开始,阿拉伯人又大量翻译、研究希腊著作,吸收希腊文化,但也没有形成近代科学。这又从另一方面说明,希腊文化不是近代科学产生的必要条件。

我的结论仍然是席泽宗在《孔子与科学》一文中所说的话:近代科学产生在欧洲并得到迅速的发展是由当时当地的条件决定的,不必到 1 400 多年以前的希腊去找原因。自 16 世纪以来,中国科学开始落后,也要从当时当地找原因,不必把板子打在孔子、孟子身上。"七亿人民都当批判家",批孔批孟,轰轰烈烈,搞了 10 年,不是也没有把生产和科学搞上去嘛!要紧的还是脚踏实地,抓住机遇,结合实际,努力工作,我们才能迎头赶上世界水平。

〔原刊《科学》(上海),第 48 卷,第 4 期,1996〕

《中国近现代科学技术史》序

50年前毛泽东主席在《改造我们的学习》一文中，号召我们要对鸦片战争以来的中国历史，做经济的、政治的、军事的、文化的分析研究。50年过去了，作为第一生产力并与经济、政治、军事、文化发展有密切关系的近代科学技术史却没有得到很好的重视。

在1989—1990年出版的300多种科学技术史著作中，关于古代科学技术史的著作比比皆是，关于外国近现代的也不少，惟独关于中国近现代的少得可怜，只占不到百分之五。

造成这种状况的原因很多，其中有一个是：研究中国科学史的老一辈科学家，他们本来有一定的国学基础，在学习了近代科学以后，发觉有些东西在中国古代的文献中能找到类似的或原始的形式，于是他们就用考证的方法，以编年史的形式，寻找中国古代的科学发现和发明。

这种做法对于振奋民族自尊心和宣传爱国主义很有作用，对于科学史这门学科的发展也起了促进作用，但也有它的局限性。他们对于先人的发现、发明的社会背景以及与其他文化分支的关系所做的分析很少。

同时，由于宣扬爱国主义这样一个目的，对于明末传教士东来以后的科技史注意不够。例如竺可桢《中国古代在天文学上的伟大成就》一文就只到明末为止，刘仙洲《中国机械工程发明史》一书也作了同样的处理。这样就把明末以来400年的历史给忽略了。

由吴大猷题写书名、湖南教育出版社出版的董光璧同志主编的三卷本《中国近现代科学技术史》，是从1582年意大利传教士利玛窦来到中国开始写起，一直写到当今为止，正好补足了以前研究的空白。全书按时间顺序分为三个时期（从传统科学到近代科学的转变、从欧美模式到苏联模式的转变、从国防动力到经济动力的转变），每一时期一卷。对许多重大理论问题（如起点与分期、科学与社会、传统与近代、中国与世界、技术与经济、科学与技术、自然科学与社会科学、历史与未来），作者在“导言”和“结语”中集中地阐述了自己的观点，并对中国科学的未来做了预测。这部书的确是别开生面，与众不同，引人入胜。它的出版一定能给中国科技史的研究带来新的生机。

1992年9月3日

〔董光璧主编：《中国近现代科学技术史》，
长沙，湖南教育出版社，1997〕

《武王克商之年研究》序

武王克商是中国历史上的一件大事。中国人民解放军有位已故将领名叫孔从周，这个名字出自《论语·八佾》："子曰：周鉴于二代(夏商)，郁郁乎文哉！吾从周。"其意为，武王克商不仅仅是商周改朝换代的一大重要战役，而且是中国古代社会的一个转折点。周初统治者在取得胜利以后，吸取夏商二代的经验，制礼设刑，创建各种典章制度，使中国文明进入了一个新的阶段，受到孔子的赞美，为后世所效法。对于这样一个重大事件发生的年代，如能有一个准确答案，当然很有意义。

武王克商之年又是一个非常典型的历史年代学课题。由于传世的有关史料比较丰富但又不够确定，使得这一课题涉及许多方面，如文献史料的考证、古代历谱的编排、古代天象的推算、青铜器铭文的释读等等，为古今中外的学者提供了一个极具魅力的舞台。正因为如此，这一课题研究发端之早、持续时间之长、参与学者之多，都达到了惊人的程度。

董作宾根据"殷历家"依《尚书·武成》所作的推算，以及古本《竹书纪年》中周武王"十一年庚寅周始伐商"的记载，认为战国时已有人尝试解决克商之年问题。但是一般认为最先在这一舞台上正式亮相的，当推西汉末的刘歆。他依据三统历上推古史年代，即《汉书·律历志》所引的《世经》，断定武王克商之年为公元前1122年。这一结论在此后2 000年间影响很大，如宋代邵雍《皇极经世》、刘恕《通鉴外纪》、郑樵《通志》、元代金履祥《通鉴前编》等皆从其说。《新唐书·律历志》则有一行《大衍历议》中所推算的公元前1111年克商之说，这一结论也得到董作宾等现代学者的支持。此外尚有多种克商年代之说，如：据《毛诗正义》推算的公元前1130年说；据皇甫谧《帝王世纪》推算的公元前1116年说；据《易纬·乾凿度》推算的公元前1070年说；据今本《竹书纪年》推算的公元前1050年说。清人邹伯奇《学计一得》有"太岁无超辰说"，推得为公元前1070年；而姚文田的《周初年月日岁星考》则可推出公元前1067年、前1066年、前1065年三说。

进入20世纪之后，研究武王克商之年的学者越来越多，加入这一队伍的不仅有中国学者，还有日本、欧洲和美国的学者。研究者从不同的角度对此进行了深入的探索，正如本书附录所展示的，已经发表的研究论著至少有100种以上，令人叹为观止。在这100多种论著中，研究者提出了多达44种不同的克商之年。随着研究的不断深入，有的学者还以今日之我而否定昨日之我，先后提出过不止一种克商之年的结论。

武王克商之年，如此之多的学者研究了2 000余年，为什么仍无定论呢？最根本的困难，在于目前尚未发现关于克商年代的第一手文字纪录。1976年陕西临潼出土的周初铜器利簋，其铭文是迄今所见惟一的关于武王克商的实录，但它只是证明武王克商之日确实是甲子，却未说明是哪一年。又如《尚书·武成》记载了克商的历日和月相，但无年份，而且历日中的岁首问题、月相术语的定义问题，都可以有不止一种解释。再如古本《竹书纪年》，书中虽载有西周的王年，但此书已是战国时的作品。上述材料每每又有相互歧异之处，这就使武王克商之年变得更加扑朔迷离。

由于天人感应的思想观念在古代中国源远流长,改朝换代、人间治乱等等都被认为与事件前后出现的某些特殊天象有直接关系。《国语·周语》、今本《竹书纪年》、《淮南子·兵略训》等古籍在论及武王克商时,都有当时特殊天象的纪录,它们已成为现代学者探索克商之年的重要依据。因为应用天体力学原理和现代计算手段,天文学家可以对几千年前的许多天象进行回推,如日食、月食、行星位置、周期彗星的出现,等等。从理论上说,根据史籍中的记载,可以推算出某一天象发生于何年何月何日,甚至精确到几时几分几秒,由此即可推算武王克商之年究竟在哪一年。然而,问题的复杂性在于,上面所说的思路,仅仅"从理论上说"是如此,史籍中关于武王克商时的天象记载往往不完整,而且真伪难辨,从而造成古今中外研究者所推得的克商之年大相径庭。

1996年,国家九五重大科研项目"夏商周断代工程"正式启动,其中有一个课题是"武王克商之年研究",而且认为这个课题是全部问题的关键之一。大家迫切感到,需要做的第一步工作是对前人在武王克商之年问题上的研究成果要有个全面的了解。《孙子兵法·谋政》云:"知彼知己,百战不殆。"作战如此,做学问也是一样。马克思说:"一切科学工作,一切发现,一切发明,这种劳动都部分地以今人的协作为条件,部分地又以对前人劳动的利用为条件。"(《马克思全集》第25卷第120页)

为此,许多研究者都在搜集有关武王克商的论著。但是,由于这些论著分散在国内外各种刊物上,加之跨度大(有自然科学的,有社会科学的),又由于历史的原因,许多杂志国内图书馆阙如,收集至为不易,从而出现了许多人重复搜集同一个专题资料,而没有一家做成的局面。为了改变这种现象,北京师范大学国学研究所的同志投入相当的力量,来做论著的收集工作,在海内外学术界同人的热情帮助下,使他们在较短的时间内出色地完成了许多人在过去很长时期都未能完成的工作,并且结集出版,从而及时地为断代工程的深入发展做出了贡献,这是值得称道的。

综观此书,我认为有以下几个特点:

第一是全。关于武王克商之年,迄今到底有多少种说法,以往一直是言人人殊,处于若明若暗的状态。有说23种的,有说28种的,有说30种的,截至去年8月,最多的为33种。令人不无遗憾的是,这些统计中,有些是根据他人论文转引的,并没有见到原文,而这恰恰是我们最需要的。现在,我们高兴地看到,《武王克商之年研究》一书已经搜集到关于克商之年的44种说法,而且每说都落实到原作,成为到目前为止有关武王克商之年的最齐备的资料。

第二是新。当代学者对武王克商之年的研究极为活跃,不少学者数十年如一日地致力于此,不断推出新的研究成果。有的学者不断完善旧说,有的学者则勇于自我否定,创为新说。作为一部专题文集,应该充分反映最新的研究成果,以昭示当前的研究动态。《武王克商之年研究》一书编者,在充分占有资料和与作者保持密切联系的基础上,精心选择能代表作者最新观点的论文。书中有些论文是国内学者首次见到的,如,美国学者倪德卫教授研究中国古史年代学多年,成绩卓著,有些论文为中国学者所知晓,而他今年的新著《竹书纪年解秘》尚未出版,此书共十二章,其中第八章《武王克商之日期》,专论武王克商之年。又如美国班大为教授的近作《天命的宇宙——政治背景》,刊载在1995年《早期中国》(Early China),而国内某些比较权威的图书收藏机构目前还未收到。这次,倪德卫、班大为两教授都亲自提供了他们的新作,此书的价值,于此可见一斑。

第三是精。收入本书的论文,是编者精心选择的,选目曾在专家中征询意见。付印后,编者除认真三校之外,还将校样寄给作者审校,以确保质量。有些论文在发表时,存在不少印刷

错误,编者在校对过程中,纠正了上百处错误,使论文的文意更加准确。收入本书的17篇国外学者的论文,除少数几篇外,最初都是用英文或日文发表的。考虑到大多数中国读者的方便,编者克服了时间短、工作量大的困难,将外文稿全部译成中文。原文的专业性很强,翻译颇为困难,为了保证质量,编者先将译稿请外语专业人员审校,再请外国原作者审校,层层把关,精益求精。

《武王克商之年研究》是夏商周断代工程的第一个阶段性成果,而且是一个在精品意识指导下得到的成果,这是我向广大读者竭诚推荐的原因。它将为我们提供全面可靠的学术信息,它的影响将随着时间的推移而日益显示出来。

当前,夏商周断代工程各课题组的工作正在全面展开,我们正站在前人的肩膀上,运用现代科学技术,对诸如武王克商之年的著名历史悬案作新的冲击。我相信,有这么多学科的优秀专家学者通力合作,一定能超越前人,取得突破性的进展。

最后,我们想藉此机会,衷心感谢北京师范大学出版社。他们慷慨出资,以最快的速度出版这样一本技术难度比较大的书,专门刻字多达数百,显示了他们学术眼光的高远和办社宗旨的正确。由于他们的鼎力支持,这本国内外学术界企盼已久的文集的出版才成为现实。作为北京师大附中的一名校友,我也为这件事感到荣幸,特此为序。

1997年8月

〔北京师范大学国学研究所编:《武王克商之年研究》,北京师范大学出版社,1997〕

中国科学的传统与未来

一 中国古代有没有科学

中国最早的一份科学刊物，是1915年创刊的《科学》，创办人任鸿隽在创刊号上发表了《说中国无科学的原因》。1921年秋天，哲学家冯友兰在美国哥伦比亚大学哲学会上用英文宣读《为什么中国没有科学？——对中国哲学的历史及其后果的一种解释》，1922年旋发表于芝加哥《国际伦理学杂志》第30卷第3号(1983年由涂又光译成中文)。

在他们的影响下，外国人德孝骞(H.H.Dubs)等开始研究这一问题；1944年吴藻溪将德籍犹太历史学家魏特夫(K.A.Wittfogel)的《中国为什么没有产生自然科学?》译成中文之后，又引起了国人的讨论。

此年，竺可桢发表《中国古代为什么没有产生自然科学?》，显然认为中国古代"没有"自然科学。但此时陈立和钱宝琮的文章，观点已经开始变化，认为中国古代不是没有自然科学，而是不发达。

其后，英国学者李约瑟(J.Needham)开始研究中国科学史。他发现，中国古代科学不是不发达，而是很发达，从公元前1世纪到公元15世纪，在许多领域，远比西方领先，问题是："为什么以伽利略为代表的近代科学——连同它对先进技术的一切影响，产生在欧洲，而不发生在中国?"这就是现在大家所谓的"李约瑟难题"。

李约瑟认为，近代科学从方法上有区别于古代的是将数学与实验结合起来。他分析伽利略方法的特点是：

(1) 从所讨论的现象中，选择出几个可用数量表示的特点来；

(2) 提出一个包括所观察各量之间的数学关系式在内的假说(模型)；

(3) 从这个假说推出某些能够实际验证的结果；

(4) 观察，然后改变条件，再观察——即进行实验(反复实验)，尽可能把测量结果用数值表示出来；

(5) 接受或否定第二步所作的假说；

(6) 用已接受的假说作新的假说的起点，并让新的假说接受考验。

如果说，只有有意识地按照这样完整的六步进行的工作才是科学研究的话，不仅中国古代没有，而且西方也没有，就连文艺复兴时期的巨人达·芬奇(L.da Vinci)也还没有做到这一步。科学史这门学科的奠基者萨顿(G.Sarton)说："直到14世纪末，东方人和西方人是在企图解决同样性质的问题时共同工作的。从16世纪开始，他们走上不同的道路。分歧的基本原因，是西方科学家领悟了实验的方法并加以应用，而东方的科学家却未领悟它。"任鸿隽、冯友兰和竺可桢所谓中国古代没有自然科学，实际上都是指的没有这套实验方法，并不是说中国古代没有科学成就。我们今天理解，科学应该包括科学方法、科学成就和科学精神。

80年代有位留美学者名叫钱文元,发表了一本《巨大的惰性(The Great Inertia)——论中国科学的落后》,认为中国古代是四无:一无对科学的兴趣,二无科学教育,三无科学的思想方法,四无对科学作用的认识。我认为,这种看法过于偏激。

任何国家,任何民族,为了解决自己的衣食住行,就必须发展生产,必须去认识自然界,去发展自然科学,只是关注的程度有所不同,发展的方式有所不同,发展的水平有所不同而已。中华民族能够持续发展几千年,没有对科学的兴趣和关注是不可能的。明末的王锡阐(1628—1682),每遇天色晴朗,即登屋观测天象,竟夕不寐;每遇日、月食,即以自己事前所推算结果和观测进行比较,"合则审其偶合与确合,违则求其理违与数违,不敢苟焉以自欺"。如果对科学没有兴趣能这样吗?

说到教育,《周礼》中规定的学校教育内容礼、乐、射、御、书、数即"六艺"。其中"数"即数学,"乐"和物理学有关,"射"和机械有关。从隋代起,在最高学府国子监中,即设有算学博士和助教两种职位,到唐代更由李淳风等人共同审定和注释了10部数学书,编为《算经十书》作为教材,这10部书至今仍是世界科学史家们研究的对象,正在译成英文、法文。

钱文元所说的科学的思想方法,主要是指希腊人的数学模型法(伽利略方法中的第2点),在中国古代是缺乏,但也不是绝对没有。《周髀算经》中陈子和荣方的一段对话,就是假设太阳在一平面环绕北极旋转,这平面与地平行,而地平不动,再把两个观测数据和相似直角三角形相应边成比例的关系结合起来,讨论"日之高大,光之所照,一日所行,远近之数,人望所见,四极之穷,列星之宿,天地之广袤"。虽然其中观测数据误差很大,所用的数学方法也有它的局限,所得结果也不对,但它用数学把观测和理论结合起来,从而构造出一个模型以解释自然现象,在当时不能不说是一个超时代的贡献。可惜这个合理的内核后来没有得到重视和发展。

科学对社会的作用,是随着时间的前进逐渐显露出来的。西方到了与伽利略同时代的培根(F. Bacon)才预感到科学的发展将导致"一系列的发明,而它们将在一定程度上克服人类所感到的贫困和苦恼"。"知识即力量"就是他的著名格言。"科学是一种在历史上起推动作用的革命的力量",这句话只有到了19世纪恩格斯才能说出来。在中国古代,科学的社会地位并不像我们想像的那么坏。秦汉以来,那些稍微稳定和长久的朝代,都为科学的发展多多少少尽过力。就是焚书坑儒的秦始皇,也不烧"医药、卜筮、种树"之书,还组织300多人进行天文、气象观测。任何一位统治者,想要长治久安,想要持续发展,都不能不关心科学;秦始皇的迅速灭亡,并不是因为不重视科学,而是其他的问题。

说中国古代只有技术,没有科学,这是一种错觉。F. 培根和马克思、恩格斯对造纸、印刷、火药和指南针的推崇,只是因为这几样东西适应了文艺复兴和资产阶级走上政治舞台的需要,并不是说中国只有四大发明。李约瑟为了证明中国传到西方的不只这四件东西,在他的《中国科学技术史》第一卷中用a,b,c,d排列,一口气写到"(z)瓷器"。他说:"我写到这里用了句号,因为26个字母都已用完了,但还有许多例子,甚至重要的例子可以列举。"李约瑟在这一节里讲的是"技术的西传",而且只是"少数有关机械和其他技术提前来叙述",更不包括科学在内。

中国人是不是只讲求实用,而忽略了基础研究?事实上也并非如此。在数学方面,祖冲之关于圆周率的计算,准确到小数点后七位,在世界上领先了1 000年。他从圆内接正六边形开始,依次将边数加倍,求各正多边形的边长和面积,边数越多,正多边形的面积和圆的面积也就越接近,求得圆周率也越准确。他一直算到圆内接正24 576边形。$24\,576 = 6 \times 2^{12}$,也就是说,要把同一运算程序反复进行12次,每一运算程序又包含有对9位数进行加、减、乘、除和开方等11个步骤。就是今天,用笔来进行计算也不是一件容易的事,更何况当时是用算筹摆来

摆去呢，而这项研究并没有什么实用意义！

《墨经》中的光学部分，虽然只有8条，仅300余字，但次序安排合理，逻辑严密，堪称为世界上最早的几何光学著作。前5条，首论影的成因，二述光和影的关系，三以针孔成像论证光的直线进行，四接着又说明光的反射，五讨论光、物、影三者的关系。这样，光学中的影论部分已基本具备了。最后3条分别论述平面镜、凹面镜、凸面镜的成像规律，正是光学中像论部分的基本内容。8条合起来即为几何光学的基础，没有做过实验是写不出来的，没有对实验的忠实记录也是写不出来的。

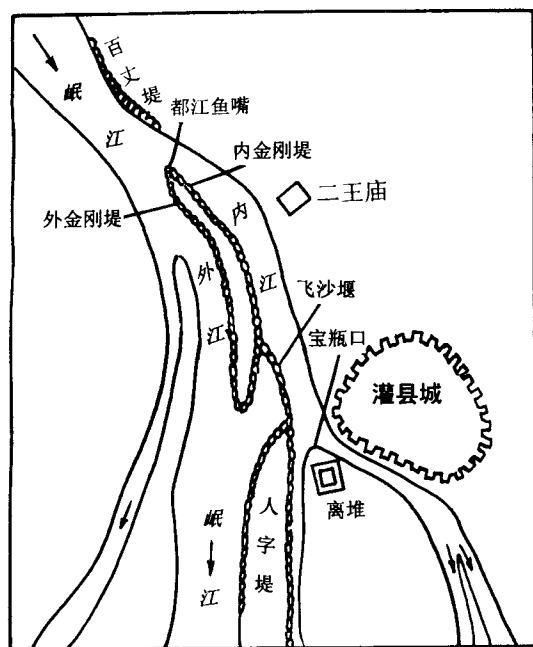
在化学方面，西汉时的《淮南万毕术》中即发现了金属置换反应，将铁放在硫酸铜即胆矾溶液中，使胆矾中的铜离子被金属铁置换而成为单质铜沉淀下来的产铜方法，到宋代曾广泛应用于生产，是水法冶金技术的起源。东汉末年的《周易参同契》认识到了物质进行化学反应时的配方比例关系。东晋时的《抱朴子·内篇》发现了化学反应的可逆性。不少事实说明，中国的炼丹术比阿拉伯人更早地为原始形态的化学做出了贡献。

谈到生物学，不能不想起达尔文(C. R. Darwin)。他在《物种起源》里说："如果以为选择原理是近代的发现，那就未免和事实相差太远……在一部古代的中国百科全书中已经有关于选择原理的明确记述。"其后，在他的《动物和植物在家养下的变异》(1868)一书中，又引用了大量中国资料，作为他的学说的例证。我们的祖先不仅认识到变异的普遍性和它同环境、条件的关系，而且认识到可以利用变异为材料，通过人工选择来培育新品种。宋代王观在《扬州芍药谱》中说："今洛阳之牡丹，淮扬之芍药，受天地之气以生，而大小深浅，一随人力之工拙而移其天地所生之性，故异容异色间出于人间。"又说"花之颜色之深浅与叶蕊之繁盛，皆出于培壅剥削之力"。这把遗传和变异的关系，以及人工在变异中的作用说得一清二楚。所谓"天地所生之性"即遗传性。人工选择的方法，中国也有多种多样。在公元前1世纪的《氾胜之书》中就提出了小麦的穗选法，说："取麦种，候熟可获，择穗大强者，收割下来成束晒干，收藏好，顺时种之，则收常倍。"到了公元6世纪的《齐民要术》，关于人工选择的记载就更多了，在猪、羊、鸡、蚕和禾、粟、稷、秫等家养动物和栽培作物中，普遍地应用了人工选择的方法来选育新品种。

通过人工杂交形成的新品种，可以把两个或两个以上亲本的优良性能结合起来，成为一个具有更高生产性能和更能抵抗不良环境的新的生物类型。杂交分有性杂交和无性杂交两种，这两种在中国古代都有相当突出的例子。马和驴杂交产生的骡子是个典型的例子。骡结合了马和驴的特点，而胜于马和驴。它从马那里得到体大、力大、活泼等优点，又从驴那里得到稳健、不易激动、忍耐力强的优点。到目前为止，像骡子这样有用的种间杂交，也还是少见的。至于无性杂交的嫁接技术，在我国更是普遍。《齐民要术》就有利用不同种的树木进行嫁接来提早果树结实和改良品质的记载。1688年陈扶摇在《花镜》中说："凡木之必须接换，实有至理存焉。花小者可大，瓣单者可重，色红者可紫，实小者可巨，酸苦者可甜，臭恶者可馥，是人力可以回天，惟在接换之得其传耳。"正因为我国有丰富的关于遗传育种的知识，才培育了许多动植物优良品种，创造了大量物质财富。中华民族世世代代生息繁衍，对世界文明做出了重要贡献。

中国人在天文学、地学和医药学方面的成就，那是有口皆碑，谁也抹杀不了的，就不用再说了。

二　中国古代科学是否只是辉煌的过去

中国古老深厚的传统文化对当代科技发展有着重要的促进作用，可以归纳为四个方面。

一是中国系统思维在当代科技综合趋向中的启发作用。近代科学发展400年,建立了庞大的分析型学科体系,在很多方面较精确地研究了自然界,但它也有不足之处。发展综合、非线性、复杂性、开放系统的研究,已成为当代改变观念、推动科学发展的时代强音,而这类研究正是中国传统文化的优势,可以有启发作用。

都江堰工程布置示意图

耗散结构理论的创建者,曾获诺贝尔奖的普里高津(I. Prigogine)1979年说:"我们正向新的综合前进,向新的自然主义前进。这个新的自然主义将把西方传统连同它对实验的强调和定量的表述,同以自发的自组织世界的观点为中心的中国传统结合起来。"1986年他又在《探索复杂性》一书中说:"中国文化具有一种远非消极的整体和谐。这种整体和谐是各种对抗过程间的复杂平衡造成的。"四川水利工程都江堰历经2000年而不衰,渠首工程的鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三者巧妙结合,分水、分沙的合理性,工程维修的科学性和简单性,充满了中国古人治水的整体性和复杂性思想,对当今的水利工程建设有丰富的启示。

协同学(synergtics)的建立者,德国物理学家哈肯(H. Haken)说:"我认为协同学和中国古代思想在整体性观念上有很深的联系。""虽然亚里士多德也说过整体大于部分,但在西方,一到对具体问题进行分析研究时,就忘了这一点,而中医却成功地应用了整体性思维来研究人体和防治疾病,从这个意义上说中医比西医优越得多。"他说,西方的分析式思维和东方的整体性思维都是他建立协同学的基础。

二是古代的天人合一思想,强调人与自然的和谐关系,对当代的环境科学、区域开发和技术发展有明显的积极意义。《旧约全书》说上帝给人的训谕是:"你们要生养众多,遍满大地。凡地上的走兽和飞鸟,都必须惊恐、惧怕你们;地上的一切昆虫并海里一切鱼类,都交付你们的手。凡活着的动物都可以作你们的食物,这一切我都赐给你们,如同蔬菜一样。"和这种主张无限发展人口和无限掠夺自然的思想相反,中国在周朝就颁布了《野禁》和《四时之禁》,不准违背时令砍伐木材、割草烧灰、捕捉鸟兽鱼虾,设立了管理山林川泽的官员。战国时期的韩非就认识到了人口膨胀带来的社会问题。他说:"今人有五子不为多,子又有五子,大父未死而有二十五孙,是以人民众而货财寡,事力劳而供养薄,故民争,虽倍赏累罚而不免于乱"(《韩非子·五蠹》)。这比马尔萨斯的人口论(1798)早2000多年。

除了保护生态和节制生育外,更重要的是发展生产。要持续发展,首先得解决农业问题。《吕氏春秋·审时》篇说:"夫稼,为之者人也,生之者地也,养之者天也。"把农业生产中天、地、人三者之间的关系看做彼此联结的一个有机的整体,主张顺天时,量地利(根据地区和土壤等条件进行种植),尽人力(精耕细作、间作套种等)。这一套完整的农业思想,在现代的农业生产中,仍然闪闪发光。

在防治水灾方面，也有人与自然的双重关系。古代即有“非河犯人，人自犯之”一句名言。现在高坝、大库修得很多，但水灾越来越严重，问题就是忘记这条教训。有的地方把开发区设在河滩内，水来了当然损失很大。搞系统工程的，只考虑对物和技术的重视是不够的，还要考虑“事”和人的因素。顾基发教授根据天人合一思想，最近提出了 WSR 系统工程方法论。此方法认为处理复杂问题时，既要知“物理”，又要明“事理”（考虑这些物如何更好地被运用的事的方面），最后还要通“人理”。

三是科学史资料在现代科学研究中的应用。我国地域广大，历史悠久，对许多自然现象的观察时间之长，记录之详，堪称世界之最。首先注意到中国天文纪录重要性的是法国大天文学家、大数学家拉普拉斯（P. S. de Laplace），1796 年他在《宇宙体系论》里说：“法国图书馆所藏许多手稿里，有不少是还没有经人整理的观测，它们对于天文学可能有所阐发，特别是对于天体运行上的长期差。这一工作应引起熟悉东方语文的学者们的注意，因为认识宇宙体系里的大变化，并不比法国大革命（1789—1794）更少趣味。”他是看了在华传教士宋君荣（A. Gaubil）写回的手稿说这番话的。宋君荣提供的中国关于黄赤交角的观测，为他的天体力学理论提供了佐证。

1994 年都江堰水利工程实灌 1 000 万亩纪念碑

第二次世界大战以后，射电天文学的出现使对超新星遗迹的认证工作显得重要起来，而在这方面中国记录更能发挥作用。担任过美国原子能委员会主席的麻省理工学院教授韦斯科夫（V. F. Wisskopf）甚至这样说：“在人类历史上有两个 7 月 4 日值得永远纪念。一个是 1776 年 7 月 4 日，成立了美利坚合众国。一个是 1054 年 7 月 4 日，中国天文学家记录了金牛座超新星的爆发，这次爆发产生了蟹状星云。”蟹状星云是当今天文学的前沿阵地，担任过美国国立基特峰天文台台长的伯比奇（G. Burbidge）说，当今天文学的研究可以分成两部分：蟹状星云的研究和其他天体的研究。东方天文纪录的现代应用，现在已成为一个很受注意的课题，许多国家有人在做。

历史资料在地球科学研究工作中也很重要。竺可桢关于气候变迁的研究就是一例。从 1952 年开始，他不断地从经、史、子、集，以及笔记、小说、日记、地方志中收集有关天气变化、动植物分布、冰川进退、雪线升降、河流湖泊冻结等资料，加以整理，临终前于 1972 年发表《中国近五千年来气候变迁的初步研究》，重建 5 000 年气温变化史，受到全世界的关注。文章发表后立即被译成英、德、法、日和阿拉伯诸种文字，英国《自然》杂志发表评论说：“竺可桢的论点是特别有说服力的，着重说明了研究气候变迁的途径，西方气象学家无疑将为能获得这篇综合性研究文章感到高兴。”现在，研究全球性的气候变化，已成为一个重要课题，各国都在大量投资，

计算机模拟等手段均用上，而竺可桢开创的历史方法仍不失为一条途径。

建国初期中国科学院组织的《中国地震资料年表》的编制及有关的研究工作，既是基础研究，又具有现实意义。地震预报十分困难，世界各国地震学家长期努力至今尚未研究出有效方法。我国地震台站解放前只有北京和南京两处，解放以后，虽逐年增设，但为数也不多，而为时又短，远远不能满足第一个五年计划建设的需要。

第一个五年计划的主要任务是发展重工业。按照建厂的程序，在选择厂址时，首先需要知道建厂地点的地震烈度。地震烈度若会达到7度以上，基本建设就要加防固设备；地震烈度若会达到10度以上，则根本不能建厂，其他条件再好，也得放弃。在这种情况下，只有发挥我国历史纪录的优势组织大量人员收集各地各代资料，总结选厂地点的地震状况。他们列出了500多个地点的地震烈度，绘出等震线，做出中国地震区域图，满足了当时经济建设的需要。此项工作在1976年唐山大地震以后更显得重要，中国社会科学院、中国科学院和国家地震局又联合起来，重新组织力量，再做更细致的工作，历时5年，完成了《中国地震历史资料汇编》5大卷。

类似于地震烈度研究对工程建设所起作用的史料工作，最近还有水利科学院水利史研究室关于"三峡地区大型岩崩和滑坡历史及现状的考察研究"，这是为跨世纪的三峡工程所做的准备工作不可少的一部分。他们查阅了1 800年的有关历史文献和地质勘测资料，先后3次去现场考察，在此基础上形成了相应的历史模型，进而提出了可行性方案。报告指出了过去近2000年间，大型岩崩滑坡集中在某几个河段，集中发生的周期和季节规律，最大规模只是短时间堵江，未形成经年的拦江堆石坝。报告还指出秭归、巴东境内的黄腊石和新滩两地岩崩规模最大，危害严重，应先期整治和预防，但不致制约三峡工程建设，从而对三峡地区今后可能出现的类似地质灾害在地理分布、发生诱因、可能的规模和频率等方面，提供了一个实在的参考，成为预测它们对工程施工、今后的运行以及城镇和航运安全影响的依据。在这里，"历史模型"取得了地质理论分析和计算都难以做出的结果。

四是把传统科学作为目的基因转入现代科学中，使现代科学得以有新的发展。在这方面最成功的一个例子便是吴文俊院士从事的几何定理的机器证明及其应用。

数学定理的机器证明是吴文俊院士继承我国古代数学传统开创的数学机械化工作的一部分。"机械化"是相对"公理化"而言的。公理化思想起源于古希腊，欧几里得《几何原本》就是这方面的代表作，它创造了一套用定义、公理、定理构成的逻辑演绎体系。我国的数学著作，自汉代的《九章算术》起则创造了另一种表达方式，它将246个应用问题，区分为9大部分(章)，在每个部分的若干同类型的具体问题之后，总结出一般的算法。这种算法比较机械(刻板)，每前进一步，都有有限多个确定的可供选择的下一步，这样沿着一条有规律的刻板的道路一直往前走就可以达到结论。而这种以算为主的刻板的做法正符合计算机的程序化。吴文俊利用我国宋元时期发展起来的增乘开方法与正负开方法，在HP25型袖珍计算器上，利用仅有的8个储存单位编制一个小程序，竟可以解高达5次的方程，而且可以达到任意预定的精度。

我国宋元时期数学发展的另一个特点，是把许多几何问题转化为代数方程与方程组的求解问题(后来17世纪法国的笛卡儿发明的解析几何也是这样做的)。与这相伴而生，又引进了相当于现代多项式的概念，建立了多项式的运算法则和消元法的有关代数工具。吴文俊以其深厚的几何学和拓扑学功底，吸收了宋元时期数学的这两大特点之后，将几何问题用代数方程表达，接着对代数方程组的求解提出一套完整可行的算法，用之于计算机。1977年先在平面几何定理的机器证明方面取得成功；1978年推广到微分几何；1983年我国留美青年学者周咸

青在全美定理机器证明学术会议上介绍了“吴方法”，并自编软件，一鼓作气证明了500多条难度颇高的几何定理，轰动了国际学术界。穆尔(J. S. Moore)认为，在吴文俊之前，机械化的几何定理证明处于黑暗时期，而吴文俊的工作给整个领域带来了光明，一个突出的应用是由开普勒行星运动三定律自动推导出牛顿万有引力定律，这在任何意义下讲都应该说是一件了不起的事。然而吴文俊并未就此满足，他说：“继续发扬中国古代传统数学的机械化特色，对数学各个不同领域探索实现机械化的途径，建立机械化的数学，则是本世纪以至绵亘整个21世纪才能大体趋于完善的事。”

我于1996年8月26日在汉城召开的第八届国际东亚科学史会议上将以上4点作了介绍以后，大家很受鼓舞，8月28日《韩国经济新闻》以通栏大标题作了报道。有人觉得英国历史学家汤因比(A. J. Toynbee)临终前于1973年对池田大作说的话可能是对的。他说：“我所预见的和平统一，一定是以地理和文化主轴为中心，不断结晶扩大起来的。我预感到这个主轴不是在美国、欧洲和苏联，而是在东亚。”“中国人和东亚各民族合作，在被人们认为是不可缺少和不可避免的人类统一过程中，可能要发挥主要作用。”

三　中国传统文化的科学精神

什么是科学精神？有各种不同的说法，但又大同小异，这里采用竺可桢的说法。竺可桢于1941年在《科学之方法与精神》一文中分析了近代科学的先驱哥白尼(N. Copernicus)、布鲁诺(G. Bruno)、伽利略(G. Galileo)、开普勒(J. Kepler)、牛顿(I. Newton)和波义耳(R. Boyle)等6人的生平事迹，从他们身上总结出了3个特点，认为这即是文艺复兴以后的欧洲近代科学精神。这3点是：(1)不盲从，不附和，一切以理智为依归，如遇横逆之境，则不屈不挠，只是问是非，不畏强暴，不计利害；(2)虚怀若谷，不武断，不专横；(3)专心一致，实事求是。后来，他在浙江大学的一次演讲中，又把这3点归纳成为两个字，即“求是”。他认为求是精神，就是追求真理，不盲从，不附和，不武断，不专横。而求是的途径则在儒家经典《中庸》中已说得很明白，曰：“博学之，审问之，慎思之，明辨之，笃行之。”即单靠读书和做实验是不够的，必须多审查研究，多提疑问，深思熟虑，明辨是非，把是非弄清楚了，认为是的就尽力实行，不计个人得失，不达目的不罢休。

在这里，竺可桢已把现代科学精神和中国传统文化联系起来了，但没有更多地展开。事实上，科学精神属于精神文明的范围，它在追求真理和坚持真理这一点上，和人文精神是一致的。而人文精神在中国传统文化中有着丰富的遗产，仅以《论语》为例，我就觉得有许多论点和竺可桢所谈科学精神是一致的。

《论语·子罕》篇有：“子绝四：毋意，毋必，毋固，毋我。”这就是说，孔子在讨论问题的时候不主观、不武断、不固执、不惟我独尊。这不就是“无偏见性”和“虚怀若谷”吗？孔子主张“学而不思则罔，思而不学则怠”(《论语·为政》)。这里的“思”是思考的意思，就是说，光读书不思考，不怀疑，就罔然无所解，光思考不学习，就殆然无所得。这又和“怀疑性”与“不盲从”是一致的。孔子反对附和，反对盲从，颜回虽是他的得意门生，但对“吾与回言终日，不违如愚”是不满意的，他说“回也，非助我者也，于吾言所不悦”(《论语·先进》)，相反，他却提倡“当仁不让于师”(《论语·卫灵公》)。对孔子来说，“仁”是人之所以为人的性质，即人道的最高真理，一旦掌握了这个真理，就是老师也不让，而且提倡“志士仁人，无求生以害仁，有杀身以成仁”(《论语·卫灵公》)，也就是说，在真理与生命之间进行比较，真理更重要。布鲁诺为坚持日心说，被烧死在罗

马百花广场上，宁死不屈，不正是这种精神的体现吗？

孔子这种坚持真理的精神，为中国历代的优秀知识分子所继承，孟子"富贵不能淫，贫贱不能移，威武不能屈"(《孟子·滕文公》下)；陶渊明"不为五斗米折腰"；文天祥大义凛然，临刑前写了气壮山河的《正气歌》。这些动人的事迹不但鼓舞了中国人民100年来反帝反封建的英勇斗争，也成为中国科学家求实、献身精神的思想源泉。正如1989年3月王绶琯院士在中国天文学会第六次代表大会上的《祝辞》中所说："我们中国的天文工作者，远溯张衡、祖冲之，近及张钰哲、戴文赛，虽然时代不同，成就不等，但始终贯串着一股'富贵不能淫，贫贱不能移'的献身、求实精神。今天，让我们继承我们民族的优良传统，在社会主义建设的号角中，团结、奋斗、前进吧！"

任何传统都有精华和糟粕两个方面。问题是我们要善于保持和发扬精华，敢于淘汰那些糟粕。杨振宁最近在《近代科学进入中国的回顾与前瞻》一文中说："儒家文化的保守性是中国三个世纪中抗拒西方科学思想的最大原因。但是这种抗拒在今天已完全消失了。取而代之的是对科技重要性的全民共识。""儒家文化注重忠诚，注重家庭人伦关系，注重个人勤奋忍耐，重视子女教育。这些文化特征曾经而且将继续培养出一代又一代勤奋而有纪律的青年。与此相反，西方文化，尤其是当代美国文化，不幸太不看重纪律，影响了青年教育，产生了严重的社会与经济问题。"

竺可桢、王绶琯和杨振宁，他们都是受过西方教育的有成就的科学家，他们深感中国传统文化中的科学精神对他们的培养之恩。那些轻视中国传统文化，认为中国传统文化妨碍科学发展的说法是站不住脚的。

四　中国科学的未来

杨振宁《近代科学进入中国的回顾与前瞻》一文的最后说："到了21世纪中叶，中国极可能成为一个世界级的科技强国。"我同意他的这个结论。

中国人有没有能力从事近代科学？这个回答是肯定的。英国李约瑟本来是一位生物化学家，与中国毫无关系。1937年在他的实验室里来了3个中国留学生(王应睐、鲁桂珍和沈诗章)，其聪明才智使他大为震惊，他觉得能培养出这样学者的国度必然有高度的文化，于是他在37岁这年开始学中文，后来改行研究中国科学史。抗战末期，他在英国驻华大使馆担任科学参赞，并组建中英科学合作馆，后来把他记述抗战时期中国科学家工作的一本书取名《科学前哨》(Science Outpost)。他在序中说："书名似乎应当稍加解释。并不是我们中英科学合作馆的英籍同事在中国，而以科学前哨自居。我所指的是我们全体，不论英国人或中国人，构成中国西部的前哨。""这本书如有任何永久性的价值，一定是因为它提供一类纪录(虽然不甚充分)，……看到中国这一代科学家们所具有的创造力、牺牲精神、坚韧、忠诚和希望。我们同他们深以为荣，今天的前哨就将成为明天的中心和司令部。"可见他对中国科学的未来是多么充满信心！这本书很值得一看，可惜目前还没有完整的中译本。

到1995年7月为止，美国国家科学院在世的1 672名院士中，华人科学家有30位，占0.18%；美国工程院1 348名院士中，华人有43位，占0.32%。这个比例虽然不高，但可以证明，在当代世界科技最强国的评估中，华人还是占有一席之地的。而且还要考虑到，1949年以后，中国科学家有许多杰出的成就是保密的，如原子弹和导弹的研制等，外界很少知道，国际学术交流也中断了许多年，美国评选外籍院士，很少会考虑到这一部分中国学者。事实上，他们选举大陆

学者为外籍院士，是从1982年才开始的，至今只有6人：华罗庚(1982年，已故)、夏鼐(1984年，已故)、谈家桢(1985年)、冯德培(1986年，已故)、周光召(1987年)、贾兰坡(1994年)。被选为工程院外籍院士的是王淀佐(1990年)和郑哲敏(1993年)。因此这只能是一个参考指标。

最能说明中国人能够自力更生、独立自主搞科学的是杨振宁搜集的10项产品的年代比照表，现在把这个表转录如下：

第一次制成	年份					
	美国	前苏联	英国	法国	日本	中国
反应堆	1942	1946	1947	1948	—	1956
原子弹	1945	1949	1952	1960	—	1964
氢　弹	1952	1953	1957	1968	—	1967
人造卫星	1958	1957	—	1965	1970	1970
喷气机	1942	1945	1941	1946	—	1958
M2飞机	1957	1957	1958	1959	—	1965
试制计算机	1946	1953	1949	—	1957	1958
计算机(商品)	1951	1958	1952	—	1959	1966
半导体原体	1952	1956	1953	—	1954	1960
集成电路	1958	1968	1957	—	1960	1969

从上表可以看出，我们的速度是很快的。从原子弹到氢弹，我们所花费的时间最少，法国8年，美国7年，英国5年，苏联4年，中国只有3年，爆炸在法国之前。还要注意一点，别的国家的科学家，是全力以赴搞科学，中国科学家要政治学习、劳动锻炼、下乡"四清"，至于"文化大革命"那样的干扰就不用提了。过去在时间很少的情况下，能做出如此巨大成绩，今后政治形势稳定，不再"以阶级斗争为纲"，不再搞运动，科学家用足够的时间钻研业务，肯定能出更多更好的成果。

发展科学要有人，这个人得有时间，还得有钱。再伟大的科学家也不能赤手空拳站在自然界面前，他要生活，他要获取别人的信息(图书、资料)，他要有观测和实验的设备，这些都要钱。今天，我们科研经费仍然紧张，仍然需要加大投入，但和解放以前相比已有本质的不同。今天，政府择优支持，"攀登计划"等都属于这一类，以天文学来说，太阳物理经费相对来说就比较充足，原因是我们80年代研制出的太阳磁场望远镜，其功能比美国同样类型的两台仪器之和还大，能观测光球、色球两层中矢量磁场和速度场；90年代发明的太阳九通道望远镜，使世界太阳物理界为之倾倒，日本、美国和欧洲等许多国家和地区，有的要买我们的仪器，有的正在积极采用我们的思路发展大型空间和地基太阳磁场和速度场系统。而我们的科学家雄心勃勃，又准备立即将直径80厘米的望远镜用20万立方米的气球送入太空，并计划在2002年将直径1米的望远镜送入太空，进行观测。

"九五"期间将要上马的国家大型工程"大天区面积多目标光纤光谱望远镜"，简称LAMOST，又是一例。这项天文界经过10年酝酿，多次讨论，三易蓝图，到1994年才定型的计划，终于得到国家支持，拿出1.7亿元的经费来，对我们是多么大的鼓舞！

"工欲善其事，必先利其器"。回想1912年中央观象台成立时一架望远镜也没有；30年代紫金山天文台建成，有了60厘米反射望远镜，但抗战军兴，几经搬迁，什么也没有做成。90年

代初我们有了上海天文台的1.56米望远镜，北京天文台的2.16米望远镜和1.26米红外望远镜，青海的13.7米毫米波射电望远镜……各项工作蒸蒸日上。我国现在每年发表的天文学论文都在1 200篇以上，1994年高达1 464篇，而1911—1948年总共才944篇，只是1994年的65%，可见其进步之大。1996年8月1—4日，在香港举行了21世纪中华天文学研讨会，到会180多人，其中来自内地的占1/2，来自港台的占1/4，来自海外的占1/4。大家满怀信心展望21世纪，一致认为："中华民族有着悠久的天文观测传统，对世界天文学的发展曾经做出了独特而重要的贡献。现在，中国天文学又在蓬勃兴起，进入21世纪，中华天文学家和天体物理学家将会有更辉煌的成就。"炎黄子孙遍布七大洲，振兴中华同此心。

在当代的各门自然科学中，天文学是花钱很多而"经济效益"又最少的一门小学科，就能有如此大的发展，其他学科的前景就更光明了。所以我是满怀信心地进入21世纪，21世纪中国将成为科技强国。当然，这样说不是看不到问题，在前进的道路上总是会有困难和错误的，但根据20世纪发展的经验，困难总是会被克服的，错误总是会得到改正的。

（1996年9月24日在中共中央党校省部级干部学习班上的报告）

〔原刊《共同走向科学——百名院士科技系列报告集》，第3册，北京，新华出版社，1997；英译见 *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*，vol.15，no.2，2001〕

中国科学院自然科学史研究所 40 年

1997 年是中国科学院自然科学史研究所成立 40 周年。作为筹备时期到所的一名研究人员，不禁浮想联翩，愿就自己记忆所及，写点回忆，供对这个所的成长过程有兴趣的同行们参考。

一　建所的背景

1956 年是中国科学院发展史上极其重要的一年。是年 1 月，中共中央召开了知识分子问题会议，周恩来在会上作了意义深远的《知识分子问题的报告》，提出了制定十二年（1956—1967）科学发展规划的任务，吹响了向科学进军的号角。中国科学院副院长、党组书记张稼夫在会上汇报科学院工作时说：

> 中国科学院慎重地考虑了今后科学工作的任务和急需发展的学科，可以归纳为四个方面：一是对当前世界上最新的、发展最快的学科必须迎头赶上；二是调查研究中国的自然条件和资源情况；三是研究社会主义建设所需要解决的重要科技问题；四是总结祖国科学遗产，总结群众和生产革新者的先进经验，丰富世界科学宝库。[1]

根据第四条，中国自然科学史的研究就被纳入了十二年科学发展规划的议程之内。

2 月 28 日，竺可桢副院长在西苑饭店召开有关专家座谈，讨论如何制定科学史规划问题。刘仙洲、袁翰青等人一致主张，要把科学史建设成为一门学科，要设立专门机构，要有专职人员来搞。会上大家委托叶企孙、谭其骧和我来收集资料和做起草工作，由叶企孙任召集人。正在我们酝酿起草文件的时候，又传来了一个好消息：中共中央宣传部部长陆定一于 5 月 26 日向首都科学界和文艺界发表了题为《百花齐放，百家争鸣》的重要讲话。他说："我们有很多的农学、医学、哲学等方面的遗产，应该认真学习，批判地加以接受，这方面的工作不是做得太多，而是做得太少，不够认真，轻视民族遗产的思想还存在，在有些部门还是很严重。"[2]我们又借用这次东风，提出由中国科学院召开一次中国自然科学史讨论会，主要是进行学术交流，也讨论十二年远景规划。

中国自然科学史讨论会于 7 月 9 日至 12 日在北京顺利召开，出席会议者近百人。在开幕式上，竺可桢副院长作了《百家争鸣和发掘我国古代科学遗产》的报告，长达 80 分钟，会议闭幕后第三天（7 月 15 日），《人民日报》即发表了全文。当时的卫生部部长李德全自始至终参加了会议。郭沫若院长出席闭幕式，并作了重要讲话，提出要研究少数民族在科学上的贡献。这次会议建议科学院派代表团参加 9 月在意大利召开的第八届国际科学史大会，尽快成立中国自然科学史研究室。

由竺可桢、李俨、刘仙洲、田德望和尤芳湖组成的中国科学史代表团，于 8 月 20 日出发前

往意大利,并途经莫斯科向苏联科学院吸取办科学技术史研究所的经验。代表团一行到达佛罗伦萨后,大会秘书长隆希立即邀请竺老在9月3日的开幕式上发言,并于9月9日通过中国为会员国。其后因代表权的归属问题退出,1985年又重新加入。

在竺老等离开北京期间,传出8月24日毛主席同音乐工作者谈话时曾说,在自然科学方面,我们也要用近代外国的科学知识和科学方法来整理中国的科学遗产,直到形成中国自己的学派。所以,在代表团由意大利回国后,就更加紧张地进行了科学史的学科建设工作:10月26日决定创办《科学史集刊》,由钱宝琮任主编;11月6日第28次院务常务会议正式通过成立中国自然科学史研究室,为所一级的院部直属机构,报请中央任命学部委员(院士)李俨为室主任。至此筹备工作即告完成。

二　初步发展(1957—1966)

1957年元旦,中国自然科学史研究室在北京九爷府挂牌亮相,但正式工作人员只有8人:李俨、钱宝琮、严敦杰、曹婉如、勾萃华、黄国安、楼韶午和我。除楼韶午为图书管理人员外,其余7人均为研究人员,行政由历史所代管。同年4月,副主任章一之(原河北师范学院副院长)来后,才开始建立行政班子(人事兼秘书:李家毅;会计:谭冰哲;总务:褚泽臣)。这年到室来的还有研究生杜石然和张瑛,以及大学毕业分配来的薄树人、唐锡仁和梅荣照。人员虽然不多,但很精干。难得的是,在本室成立之前,科学院于1954年成立了一个中国自然科学史研究委员会,这个委员会的17名成员① 都是在国内外享有盛誉的一流学者,他们对这个室的初期工作给予了热情的支持和指导,起了学术委员会的作用。在建室初期,从经费预算、房屋设施到人事调配,竺老无不一一过问。叶企孙先生勤勤恳恳,风雨无阻,每星期要乘公共汽车从北京大学到东城来上班两天,一直坚持到"文化大革命"开始。今天,我们在建所40周年的时候,对于为科学史事业做出贡献的这些老一辈科学家深表敬意,对于其中还健在的几位,祝他们健康长寿,做出更多的贡献。

1958年的"大跃进",使这个刚刚建立的研究室提出了盲目的冒进计划,即所谓"1"、"2"、"6"、"7"、"18"。这5个项目,经过几年的折腾,最后完成的只有"6"(六门专史)中的《中国数学史》(钱宝琮主编,1964年出版)、《中国化学史稿(古代之部)》(张子高主编,1964年出版)和《中国古代地理学简史》(侯仁之主编,1962年出版);《中国天文学史》则直到"文革"以后,才由中国天文学史整理研究小组改编,并于1981年出版。

"大跃进"期间,中国自然科学史研究室由院部下放到编译出版委员会就近领导,当时归编译出版委员会领导的还有情报所、图书馆、科学出版社等。

为了克服1958—1960年盲目冒进所造成的严重经济困难,党中央决定自1961年起实行"调整、巩固、充实、提高"的八字方针。在贯彻八字方针的过程中,科学院将编译出版委员会撤销,将情报所移交国家科委;拟将我室并入历史所,不料遭到全体人员的反对。后来决定仍保留独立建制,划归哲学社会科学部领导。

这一时期出版的重要著作还有《中国古代科学家》(1959)、《宋元数学史论文集》(1966)和钱宝琮校点的《算经十书》。另有一本《中国古历通解》,作者王应伟先生当时已年过八旬,他一

① 他们是:竺可桢(主任)、叶企孙(常务副主任)、侯外庐(副主任)、向达、李俨、钱宝琮、丁西林、袁翰青、侯仁之、陈桢、李涛、刘庆云、张含英、梁思成、刘敦桢、王振铎和刘仙洲。

不要工资报酬，二不要课题经费，作为我所的特约研究员，每日来工作半天，奋战四年（1959—1962），完成了这部40多万字的著作。此书当年未能出版，现已由陈美东和薄树人校订，今年即可问世。

《科学史集刊》从1958年4月创刊至1966年，共出版9期，发表论文79篇，是当时科学史界对外的惟一窗口，起到了很好的国际交流作用。美国ISIS（国际科学史界权威刊物）对其中许多文章做了摘要。1981年我去日本访问，薮内清先生向我表达的第一个意愿就是希望这个刊物复刊。同年8月在罗马尼亚和韩国同行相遇，他们也表达了同样的意愿。这个刊物于1981年由《自然科学史研究》代替，改为每年4期的定期刊物，这标志着我国科学史事业进入了一个新阶段，是非常值得庆贺的。

三　十年浩劫（1966—1976）

从1964年下半年开始，全室大部分人员已先后下到安徽寿县和北京房山县参加“四清”工作队，研究工作基本上已处于停顿状态，而1966年6月1日北京大学“第一张马列主义大字报”在中央人民广播电台一广播，全国沸腾，6月9日哲学社会科学部党委受到冲击，6月10日我室党的负责人被“揪出”，从此一切工作全部停顿，惟一的任务就是“闹革命”。一闹好几年，闹到1970年3月13日被“一锅端”，全体人员下放到“五七干校”，被编为14连，先是在河南息县“抓革命，促生产”，后又迁到河南明港只“革命”，不生产。当时的“革命”即清理所谓“5·16反革命集团”，生产即农业生产。经过两年多的“鏖战”，于1972年7月11日又全部回到北京，大家分外高兴。此时研究人员怀着强烈的责任心，想要恢复业务工作，但是得不到“军宣队”的支持。他们在不许发表文章和没有分文报酬，还随时可能挨批的情况下，偷偷地干起业务来。侥幸有机会能接到任务而工作的只有两件事：一是受历史所委托，为郭沫若主编的《中国史稿》提供科技史方面的资料；二是受科学院二局委托，为纪念哥白尼诞辰500周年撰写论文《日心地动说在中国》。这两项工作刚一完成，1973年秋冬之交，哲学社会科学部又被套上了紧箍咒：“两停一撤”（停止一切业务工作，停止一切外事活动，撤销学部业务行政领导小组）。又经过“不死不活”的一年之后，1974年11月7日，“工宣队”重新进驻，大搞运动，直至1975年夏才告一段落。从此才算正式启动业务，决定拜工人为师，兵分三路，开门办所：一路参加到中国科学院成立的祖国天文学整理研究小组中，到首都钢铁公司白云石车间，合作编写“中国天文学史”；一路派人去大连，将大连造船厂工人请到所里来，合作编写“中国科学技术史”；一路到北京第一机床厂，合作编写《科学技术发明家小传》。“四人帮”垮台以后，工人师傅陆续退出写作队伍，只有最后一本书，是以双方合作的形式完成出版的。

这一时期有一件大事必须一提：1975年秋，邓小平主持国务院工作期间，哲学社会科学部划归国务院新成立的政治研究室（主任胡乔木）领导，这个研究室决定将中国自然科学史研究室扩建为自然科学史研究所。虽然不久又来了一次“反击右倾翻案风”，邓小平第二次被打倒，政治研究室解散，但这个决定还是坚持下来，一直坚持到今天。

四　繁荣发展（1977—1997）

粉碎“四人帮”，迎来了科学的春天。1977年5月，中国社会科学院成立。和数理化学部、生物地学部、技术科学部一样，哲学社会科学部原来是中国科学院下属的四大学部之一，属于

跨学科性质的自然科学史归哲学社会科学部领导还可以，尽管一直到1966年3月哲学社会科学部副主任刘导生还说："你们的归属未定，最好还是归自然科学部门，由竺可桢先生直接管。"现在中国社会科学院和中国科学院彻底分了家，自然科学史脱离了它的研究对象，就更难办，问题更突出。1977年8月31日在社会科学院负责人召集的一次座谈会上，段伯宇和我建议将自然科学史研究所划回中国科学院，这一倡议得到了会议主持人刘仰峤和考古所所长夏鼐等人的立即支持。此后我所迅速行动，向科学院联系，最后由两院联合向中央写了报告，于12月间得到批复，自1978年1月1日起归中国科学院领导，人员和设备全部移交。

1978年是具有伟大历史意义的一年。3月18日召开了全国科学大会。12月18日召开党的十一届三中全会，这次会议做出了把工作重点转移到社会主义现代化建设上来的战略决策，提出了解放思想、开动脑筋、实事求是、团结一致向前看的指导方针。和全国各行各业一样，从此科学史所也出现了一个前所未有的大好局面：

(1) 1978年我所的原有研究力量集结为古代科学史研究室，另建近现代科学史研究室，并拟建科学史综合研究室，后因人事变动等原因，第三室未能建立。至1984年，又将古代科学史研究室分建为数学史天文学史研究室、物理学史化学史研究室、生物学史地学史研究室、技术史研究室和中国科技通史研究室，这就是现在的6个研究室。

(2) 成立编辑部。1980年创刊《科学史译丛》，到1989年停刊为止，共出版33期，翻译了许多国外优秀科学史文章。1981年创刊《自然科学史研究》，每年4期。1988年接办由中国科学技术协会创刊的《中国科技史料》，也是每年4期。这两个刊物各有侧重，是国内外研究中国科学史者必读刊物，前者于1992年、1995年分别获中国科学院优秀期刊三等奖，后者于1992年被国家科委、中共中央宣传部、新闻出版署评为全国优秀科技期刊三等奖。

(3) 1980年发起组建中国科技史学会。自成立以来，这个学会一直挂靠在我所，历届秘书长皆由我所人员担任。在历届常务理事名单中，我所人员都在三分之一以上。用首届理事长钱临照先生的话来说："自然科学史研究所是一面旗帜，是这个学会的依靠力量。"

科学史所编辑出版的两种专业季刊

(4) 1978年重新回到中国科学院以后，接受的第一个重点任务是要为广大干部写出简明中国科学技术史和20世纪科学技术史，这就是1982年出版的《中国科学技术史稿》和1985年出版的《20世纪科学技术简史》。这两书得到了广大读者的欢迎，前者一版、再版，后者也即将增订再版。前者获1982年全国优秀科技图书二等奖，在其基础上编写得更为通俗的《简明中国科学技术史话》最近又获1996年国家级科学技术进步奖三等奖。后者获中国科学院1989年自然科学奖二等奖。

(5) 除《20世纪科学技术简史》外,获中国科学院自然科学奖二等奖的工作还有:《彝族天文学史》(1989年获奖)、《中国古代地理学史》(1991年获奖)、《中国力学史》(1991年获奖)、《中国古代地图集(战国——元)》(1992年获奖)、《中国古代重大自然灾害和异常年表总集》(1994年获奖)和《中国近现代物理学家论文的收集与研究》(1995年获奖)。另有《中国古代建筑技术史》于1988年获中国科学院科技进步奖二等奖。获中国科学院自然科学奖三等奖的工作有五项:《中国古代科技史论文索引》(1989年获奖)、《徐霞客及其游记研究》(1990年获奖)、《明代朱载堉科学和艺术成就研究》(1990年获奖)、《中国古代历法系列研究》(1992年获奖)和《热力学史》(1992年获奖)。

(6) 除中国科学院外,我所研究工作获其他部委一、二等奖的有:河南淅州编钟的研究与复制获第一机械工业部1980年重大科技成果二等奖;湖北曾侯乙编钟的研究与复制获文化部1984年重大科技成果一等奖。

(7) 实事求是地说,上述这些获奖项目并不足以全面反映科学史所1978年以来的优秀研究成果。理由是:第一,科学院的评奖有指标的限制,我们这样兼有自然科学和社会科学二重性的工作很难评上;第二,有些多卷本的科研成果,尚未全部出版,还没有参加评选;第三,有些同志出于这样那样的考虑,对自己的研究成果并没有报请评奖。总的来说,40年来,我所同人出版专著300多种,发表论文近5 000篇。对于仅有100多人的一个小所来说,人均产量是很高的。

(8) 我所不但发表了许多高质量的论文和专著,还一贯重视科普工作。1978年3月18日全国科学大会开幕之日,我所主编的《中国古代科技成就》一书,在北京王府井新华书店发行,购买者排成长龙,蔚为壮观。此书其后被译成英文(1981)、德文(1989),并由台北明文出版公司翻印成繁体字(1983),在海外,在港台,流传很广。1995年又被中宣部、国家教委、文化部、新闻出版署和团中央联合推荐为"百种爱国主义教育图书"之一,至今简体字本印数超过13万册,社会效益极为显著。

(9) 对于一个研究所来说,不但要出成果,还要出人才,特别是在我国,大学内尚没有科学史系,我所需要的研究人员,基本上都得自己来培养。大学毕业生(多为理工科)来后,一种是边干边学,在工作中成长;一种是读研究生,先进行系统学习,而后工作。实践证明,这两种办法都是行之有效的。自1978年以来,我所已培养出博士7人,硕士70多人。他们无论分配在所内或所外,大多数人工作都很出色,现在两位副所长就是1978年考来的研究生。我所高级研究人员占的比例,是全院最高之一。

(10) 这个所在国际同行中地位如何?也是大家关心的。1929年成立的国际科学史研究院,是国际科学史界的最高荣誉机构,现在院士名额控制在120人以内,通讯院士控制在180人以内。随着老的去世,每两年补选一次。在有名额的情况下,得票超过半数方能当选;若最后一名空缺有几个人票数相等,都不当选。我所现有该组织的院士1人,通讯院士2人。我国自1985年重新参加国际科学史和科学哲学联合会科学史分部以来,连续三届有一人被选为理事,这三人中有两人来自我所。现任国际东亚科学、技术和医学史学会副主席的孙小淳是我所1993年毕业的博士生,年仅32岁。自改革开放以来,我所研究人员应邀出国访问、讲学、开会、合作研究的足迹,已遍历欧、亚、澳、美四大洲;到我所来访问的学者,每年也络绎不绝。由我所主办的4次有关中国科学史的国际会议(1984年北京,1990年北京,1992年杭州,1996年深圳)也很成功,现在正在准备申办2001年的第21届世界科学史大会。

五　几点反思

对于一个研究机构来说,40 年的历史不算长,但也不太短。如上所述,我们已经取得了很大的成绩;但作为"国家队",这些成绩又显得很不够,科学院有许多人现在还不知道这个研究所。毛泽东在《组织起来》一文中说:"我们决不能一见成绩就自满自足起来。我们应该抑制自满,时时批评自己的缺点。"以我自己坐井观天之见,觉得在欢庆 40 周年的时候,有以下几点值得反思。

(1) 40 年来,我们国家经历的政治风云,给这个研究所成长过程打上了深刻的烙印,95%以上的成果都产生在"文化大革命"以后近 20 年以内就是一个明证。十一届三中全会以来的正确的政治路线和思想路线给我们提供了一个与先前完全不同的工作环境,使大家可以专心致志地从事研究工作。我们应该珍惜来之不易的良好的工作条件,脚踏实地做好工作。

(2) 这个所的隶属关系,到 1985 年以前,在科学院内部一直变化不定,也妨碍了它的发展。1985 年 4 月 16 日中国科学院发文各学部:

> 经院领导研究决定,自然科学史研究所的有关业务、方向等问题,由数理学部考虑,并负责组织研究所和重大成果的评议工作;有关研究员的晋升和学科史评价等,根据专业情况,由有关学部协同组织办理。

当时的学部职能,和今天专管院士的学部不一样,主要是分管科学院各所的业务工作,后来演变为数理化学局,一直到今天的基础科学局。把自然科学史列为自然科学中的基础科学,就像文学史是文学的一部分一样,是名正言顺的,是合情合理的。现在有人想把自然科学史归入哲学中,是没有道理的。

(3) 目前在经济体制转型的过程中,经费不足是许多科研单位的共同困难,而科学史所尤其困难。加之社会分配不公,研究人员(特别是中青年)的待遇偏低,人们的心理得不到平衡,这在一定程度上影响了研究生的来源和在职人员钻研业务的积极性。为了解决这个矛盾,除了呼吁国家增加投入和积极开辟其他财源外,我觉得"安贫乐道"的精神还是应该提倡的。"一箪食,一瓢饮,在陋巷,人不堪其忧,回也不改其乐",孔子的得意门生——颜回的这种艰苦学习精神是不会因为时代的变迁而失色的。法国小说家莫泊桑说:"一个人以学术许身,便再没有权利同普通人一样生活法。"

(4) 科学史研究具有个体脑力劳动的特点,研究人员自选题目或接受出版社来的一些写作任务,都是顺理成章的事,无可非议,但作为中国科学院的一个科研机构,又不能完全放任自流,各自为政,还要发挥综合性、多学科相互配合的集体优势,接受上级交下来的一些任务或组织一些重大的科研项目,这样才能说明单位存在的必要性。一个乒乓球队,队员个个都是单打冠军,但团体赛不能上场,这算什么球队? 这些年来,我所也组织了许多重大项目,但完成得不理想,我觉得关键问题有两个:一是如何处理个人项目和集体项目的关系,二是如何改善集体项目的组织管理工作。关于前者,我认为,承担重大项目的主要负责人不宜同时承担另外的项目,要集中精力做完一件事后再做另一件。关于后者,我觉得,从所的科研管理工作角度考虑,要坚持计划的严肃性,加强定期检查,并在干部业务考核中把完成重点项目的情况列为考核的主要内容,甚至和工资、奖金等挂钩。

(5) 中国自然科学史研究室成立时,其研究对象仅限于中国,而且是中国古代。1975 年虽改建为所,但人员构成和研究对象并没有发生变化。1978 年重新回到科学院以后,研究近现代科学史和方法论的呼声很高,乃有近现代科学史研究室的建立。方法论(包括科学史研究的理论和方法)研究室则胎死腹中,未能诞生,这方面的研究目前所外力量远大于所内。近现代史研究室虽然成立了,但发展得很慢,随着老的研究人员的离退休,目前呈现着萎缩之势。如何在发挥中国古代科学史研究优势的基础上,开辟新的研究领域,路甬祥副院长来所的几次谈话,有许多很好的设想,颇有启发意义,我们应该认真研究、落实。只有抓住机遇,迎接挑战,为国家做出更大的贡献,才能继续存在下去。

"多少事,从来急;天地转,光阴迫。一万年太久,只争朝夕。"衷心祝愿自然科学史研究所在未来跨世纪的 10 年中,能有一个大的战略转变,旧貌换新颜,人才辈出,成果更辉煌!

参 考 文 献

[1] 钱临照,谷雨主编.中国科学院(上).北京:当代中国出版社,1994.76

[2] 陆定一.百花齐放,百家争鸣.人民日报,1956-06-13.

Institute For The History of Science, Chinese Academy of Sciences: 1957—1997

1997 is the 40th anniversary of the founding of the Institute for the History of Science, Chinese Academy of Sciences. Based on the personal experience and understanding of the author, this paper deals with the back ground of its founding, the development after its founding and its academic achievements in the past 40 years.

In 1956 when the Chinese government was drawing up a 12-year long-term programme for developing science and technology, Chairman Mao and the Minister of Propaganda Lu Dingyi pointed out that it is an important thing to summarize the scientific legacy of our motherland. So the Chinese Academy of Sciences decided to set up a Research Office for the History of China's Science and Technology. This Office began to work from January 1957 and expanded in the winter of 1975 into an institute: The Institute for the History of Science.

The history of the Institute can be divided into three periods. The first period from 1957 to 1966 is a primary development one, publishing a few books and a yearly journal *Kexueshi Jikan* (Collected Papers on the History of Science). "The Great Cultural Revolution" (1966—1976) interrupted the Institute to do research for l0 years. In the recent 20 years after the "Cultural Revolution", the Institute has gained great achievements. Up to now, it has published about 5000 papers and 300 monographs, some of which have been awarded by the Chinese Academy of Sciences and other ministries. Two quarterly journals of the Institute are being continuously published.

Lastly, some problems concerning its future are discussed. The author wishes the Institute to carry on the practice of plain living and hard work, to open up new research fields and to get more remarkable achievements.

〔原刊《自然科学史研究》,第 16 卷,第 2 期,1997〕

天文学在夏商周断代工程中的作用

一　组织和规模

中国历史悠久，但有天文记载且确无疑义的年份仅能上溯到公元前841年(周共和元年)。在此以前的各朝历史，则众说纷纭，迄无定论。大禹治水、成汤革命、武王伐纣等这些家喻户晓的故事，发生在哪年哪月，不但是平常百姓，就是历史学家也说不清楚。到了本世纪初年，史学界更出现了一股疑古思潮，他们认为三皇五帝不过是神话传说，大禹也许是一条两栖类爬虫，就连郭沫若也曾说过"商代才是中国历史的真正开头。"建国以来的大量考古发现，使这些人的疑惑逐渐烟消云散，但结合考古成就进行年代学的研究则注意得不够。1995年国务委员、国家科委主任宋健在参观了古埃及卢克索遗迹以后回来说："古埃及第12王朝共213年，是帕克(R. Parker)据某王登位的第7年8月16日天狼星在东方升起的月相计算出来的，标明精度为±6年。中国'三代以上，人人皆知天文'，为什么我们现在的天文学家不根据中国丰富的天象纪录算出夏商周的年代呢？"他提出，处于世纪之交的"九五"期间，应该组织社会科学和自然科学联合攻关，对这一重大历史问题做出突破性的进展。

宋健同志的倡议，很快地得到了国家领导人的支持。1995年12月21日国务院决定：(1)将夏商周断代工程列为"九五"期间国家重大科研项目；(2)成立以国家科委副主任邓楠为首、国家自然科学基金委副主任陈佳洱为副的七人领导小组，由李铁映和宋健担任顾问；(3)聘请李学勤(历史学家)、李伯谦(考古学家)、仇士华(碳14测年专家)和席泽宗(天文学家)为首席科学家，筹建专家组，由李学勤担任组长，其余三人为副组长。

1996年5月16日国务院再一次举行会议，听取邓楠的工作报告，批准了首席科学家提出的可行性论证报告，宋健作了《超越疑古，走出迷茫》的长篇发言(全文见5月17日《科技日报》和5月21日《光明日报》)。李铁映最后讲话说："江泽民总书记和李鹏总理对此事都十分重视。通过这个项目的实施，解开历史疑团，不仅具有学术意义，而且具有重大的政治意义和现实意义。要集中目标，突出重点，加快进行，今天就算正式开始。"

可行性论证报告将夏商周断代工程分解为9个课题，36个专题。天文学虽只有一个课题(包含4个专题)，但在其他的课题中还有不少天文学专题，总共占专题总数的三分之一。到目前为止，参加本项目的科研人员约150人，其中天文学者22人，他们分布在中国科学院紫金山天文台、上海天文台、陕西天文台和自然科学史研究所。中国科学院为了将这项工作做好，又于今年年初成立了以常务副院长路甬祥为首的院内领导小组，目前各项研究工作正在顺利展开，个别专题已经取得了阶段性成果。

二　天文年代学的综合研究

在参与夏商周断代工程的诸学科中，只有天文学能够推算出绝对年代，但天文学本身又无

法独立完成这项工作。它首先需要历史学家和考古学家提供材料,需要古文字学家对这些材料进行释读,然后才能利用现代天文学知识和运算手段,在历史背景允许的时段范围内,对其中的天象纪录进行运算,从而得出一个精确的时间结论。这些精确的点越多,将来编出来的年表也就越可靠。为此,在历史文献的课题中就首先列了两个与天文学有关的专题:

1. 准备把晚清以前的文献中有关夏商周年代学的文献和天象资料进行全面普查,输入电脑,建立资料库。

2. 对有关天象纪录的重要文件,如《尚书·胤征》篇等,从文献学的角度对其可靠性进行分析、论证。

以上两个专题,由历史学家完成。天文学家接着要做的是:

3. 建立计算中心和联网设备,对已经查到的资料进行处理,并和国内外的有关单位进行联系,互通信息,共享成果。

4. 对“五星聚”和三代更迭的研究。“五星”即金、木、水、火、土五大行星。它们的运行是有规律的。凡是有规律的、有周期的天象,都可用来做年代学的推算。土、木、火三个外行星运行得很慢,平均每 513.33 年相会一次,金、水两个内行星运行很快,与它们相合的机会较多,如果水星包括在会聚之内,它们的位置就必须离太阳不远。这些条件的限制,就使得能利用“五星聚”来断定年代。幸运的是,我国古代非常重视“五星聚”,认为它是改朝换代的一种祥瑞。《宋书·天文志》说:“周将伐纣,五星聚房。”《孝经钩命诀》说:“禹时星累累若贯珠,焕焕如连壁。”美国班大为认为《今本竹书纪年》中的夏“桀十年,五星错行,夜中星陨如雨”也是一次特殊的“五星聚”,还伴有流星雨。这样一来,夏商周三代的起始年份就都可以算出来。尤其是利用夏朝初年的纪录,美籍华人彭瀛钧算出,公元前 1953 年 2 月 10 日至 3 月 1 日之间,五星会聚在室宿之内,张角小于 5 度,为过去 6 000 年中彼此最接近的一次。特别是 2 月 23 日日出前一小时,它们几乎成一条直线悬挂在夏都阳城(今河南登封告成镇一带)的东南方上空,这样美丽的天象自然会引起当时人们的重视。但是有人反驳说,这些资料都不是当时的实录,而是汉朝人有了祥瑞观念以后伪造出来的,根本不可信。但是,这些计算如果能和其他的办法得出的结果相一致的话,还是应该相信。汉朝人并没有现在关于行星的知识,他们可能是根据传说写下来的。

5. 大火(心宿二,天蝎座 α 星)是先秦的文献中纪录得最多的一颗明星。将《夏小正》和《尚书·尧典》中的四仲中星进行对比,时间和观测对象完全相同的只有一条:“五月初昏大火中。”甲骨文中也有“贞:唯火,五月。”《左传·襄公九年》明确地说:“心为大火,……而火纪时焉。”今人庞朴有《火历钩沉》长文(见《中国文化》创刊号,1990 年)。用现代计算手段对心宿二的位置予以计算,看看在中原地区,什么时代,什么时间,它在什么位置上,并和文献记载予以对比,这项工作将和计算天狼星的位置,解决古埃及年代学问题一样,对夏商周断代工程是很有意义的。

6. 俗话说:“他山之石,可以攻玉。”中东的赫梯人没有准确的纪年方式,也没有自己的王表。它的年代学研究,全靠周围的埃及和巴比伦年代学研究,并已得出一些结果。由此我们想到,如能系统地掌握同一时期国外(主要是埃及巴比伦)的天象纪录,并将之与中国的对比,则是很有用的,这也是过去没有人做过的。如果某一天象,双方都有纪录,我们无年月日,而对方有,那不是就可以定出它的年代了吗!关于西方国家研究埃及、巴比伦年代学的方法、经验和成果,我们还有另外一个专题进行总结,今年就可以拿出成果来。

三　夏代的天象研究

7.《尚书·胤征》篇中的"惟仲康肇位四海，……乃季秋月朔，辰弗集于房，瞽奏鼓，啬夫驰，庶人走"被认为是世界上最早的日食纪录。仲康是大禹的孙子，是夏代的第四个皇帝。唐代的一行推算出这次日食发生在仲康五年(公元前 2128)秋九月庚戌朔(儒略历 10 月 13 日)。到了 1880 年，《日月食典》的作者奥泊尔子发现公元前 2128 年的这次日食中国看不见，于是又有许多人重新推算，至今为止，彼此差距很大，最早的可以早到公元前 2165 年，最晚的晚到公元前 1876 年，上下相差 289 年，而一般的说法夏朝只有 400 多年！最近吴守贤先生说："辰弗集于房"可能像今年 3 月 9 日一样，日全食和彗星同时并见，而且发生在房宿。弗同茀，在《史记·天官书》中是彗星的一个别名。这样就可以把范围更缩小来考虑，也是一个新的思路。

8.现存《夏小正》一书，传统上认为即孔子所说的"夏时"，其中记有每月的天象和物候。日人能田忠亮曾对其中的天象进行过计算，认为大部分属于公元前 2000 年的纪事，是否还可以再精确地定出其年代，也是这次要做的事。

四　甲骨文中的日月食

9.甲骨文中的天象纪录，不像"仲康日食"、"五星聚"等的载体成书较晚，真伪难辨，争论不休。甲骨卜辞多为考古发掘所得，其中天象乃当时所记，可靠性比较大；但研究起来，也不容易。《殷墟文字乙编》中的"乙卯允明，雀，三臽食日，大星。"自 40 年代以来，一直被认为是日食记录，甚至有人算出这是公元前 1302 年 6 月 5 日发生的一次日全食，并由此得出当时地球自转的速率比现在短千分之四十七秒，而"三臽"表示当时看到了日珥，这是全世界最早的日珥纪录。但近年来古文字学家多认为这片甲骨与日食无关。"雀"即阴，"三"是"乞"之误，"食日"是时间单位，不是日食，"星"是晴。整段的意思是"乙卯早晨，天阴，不要陈列祭品，上午吃饭的时候，又大晴天了。"

甲骨文中有 5 次"月有食"，而且 4 次具有确切干支：癸未、乙酉、庚申和壬申，在前三者的甲骨片上又刻有贞人争的名字，争是武丁时期著名的占卜者。《尚书·无逸》、《帝王世纪》和《今本竹书纪年》等均认为商王武丁在位 59 年。按说可以根据这 4 次月食记录，把武丁在位年代和公元年份对应起来，但做起来并不容易。从 40 年代董作宾开始，已有 15 位学者对这几条卜辞进行过研究，得出自公元前 1373 年到公元前 1180 年，共有约 30 种说法。最近张培瑜先生得出的结果是：

公元前 1201 年 7 月 12 日(癸未)

公元前 1192 年 12 月 27 日(己未)

公元前 1189 年 10 月 25 日(壬申)

公元前 1181 年 11 月 25 日(乙酉)

据此，可以定出武丁在位年代为公元前 1239—前 1181 年。但是，这个结果是否正确，还要用其他的办法来检验。这四条中最关键的一条是第二条，在"庚申"之前有"己未皿"，以前在皿处断句，把皿当动词。现在他根据古文字学家裘锡圭先生的意见，把"皿"解释为向，也就是说，这次月食发生在半夜，跨在两天之间，而在公元前 1400 年至公元前 1100 年的 300 年中，在安阳地区符合这一月食条件的只有公元前 1192 年的这一次。这样的解释是否合适，拟把这片甲骨

拿来做碳 14 年代测定,可惜这片甲骨又在国外,谈何容易。至于甲骨中其他的天象研究和用其中的干支来排历谱,那就更难了!

五　武王伐纣时的天象

10. 古今中外没有一次重大战役能像武王伐纣这样,留下了众多的天象纪录。首先,《国语·周语》中有:"昔武王伐殷,岁在鹑火。月在天驷,日在析木之津,辰在斗柄,星在天鼋。星与日辰之位,皆在北维。"这段话信息量很大,它包含了木星、月亮、太阳、日月之会和水星的位置所在,可惜没有年月日。西汉末年的刘歆(卒于公元前 23 年)即根据这段纪录,用他编制的三统历,定出武王伐纣之年为公元前 1122 年。唐代的一行,又用大衍历算出是公元前 1111 年。

1957 年张钰哲先生又利用《淮南子·兵略训》中的记载"武王伐纣,东面而迎岁,至汜而水,至共头而坠,彗星出,而授殷人其柄",认为这是哈雷彗星的一次回归,时在公元前 1057 年。

1982 年美国班大为利用《春秋元命苞》中的"殷纣之时,五星聚于房",认为这是公元前 1059 年发生的事,此年为文王受命之年,从而推定武王伐纣在公元前 1047 年。1991 年台湾学者黄一农指出,公元前 1059 年 4 月 29 日到 6 月 7 日之间,五星均在日落后不久,同时见于地平线之上,5 月 28 日彼此聚集在 6 度半范围以内,确是壮观,但不在房宿,而在井宿,相差 120 度,因而对班大为的结论表示怀疑。

另外,在《逸周书·小开解》中还有一条"维三十有五祀,王念曰:正月丙子,拜望食无时。"被认为是一次月食,在考察武王伐纣的年代时,也应考虑进去。

这样多的不同时代、不同作者、不同目的所叙述的天象纪录,可靠性如何,首先成问题。其次,就是纪录没有问题,运用者也会有不同的解释。因而,关于武王伐纣的年代问题,至今说法就有 30 多种。我们拟先将诸家论说汇编出版,然后予以筛选和研究,希望最后能得出一个较为合理的结论。

六　西周铜器上的月相

11. 记述武王伐纣的官方文件《尚书·武成》篇,开头第一句是:"惟一月壬辰,旁死霸,越翼日癸巳,王朝步自周,于征伐商。"按照刘歆的解释,死霸为朔,生霸为望,旁死霸为初二。与此相关的还有初吉、既望等术语。到了近代,王国维提出了新看法,认为初吉代表每个月的初一到初七八,既生霸代表初八九到十四五,既望代表十五六到二十二,既死霸代表二十三四到月底。从此即百花齐放,众说纷纭,但大体上可以分为三类:以刘歆为代表的定点说,以王国维为代表的分段说,和以日本薮内清为代表的段点结合说(初吉为新月初出之日,既生霸为上半月,既望为望,既死霸为下半月)。也有人认为初吉不是月相,不能和其他的几个并列。但是不论哪种说法,都不能自洽地排尽已经发现的近 60 件俱有年、月、月相和干支的铜器历谱,因而关于西周年代是这次要攻克的一个难关。

12. 有人把《古本竹书纪年》中周"懿王元年天再旦于郑"理解为是在今陕西华县一带于懿王元年日出前发生了一次食分很大的日食,使刚发亮的天黑下来,食后又再亮。这样就可撇开历法问题,专从天文角度去考虑有哪一年的日食符合这一条件。计算结果是公元前 925 年 9 月 3 日早上在华县有一次日食,食分 0.81;公元前 899 年 4 月 21 日华县当地时间凌晨 5 时 48 分有一次日环食,食分为 0.95。美国利维(即 1994 年与苏梅克夫妇共同预告彗星与木星相撞

的三人之一)于1992年1月4日在美国南加州成功地观测了一次“天再昏”,这也是一次日环食,食分为0.91,比公元前899年的还小,从而证明公元前899年的日环食造成“天再旦”是不成问题的。今年3月9日我们在新疆塔城等地组织的系统观测(见本刊今年第3期周晓陆文),又再一次证明周懿王元年相当于公元前899年。公元前925年的日食,食分太小,光线还很亮,造不成天再旦现象。

13. 中国准确的历史纪年可以上推到公元前841年,这是因为《史记》中的“十二诸侯年表”是从这一年开始的,在此之前的“三代世表”便略无年月。但这并不表示“十二诸侯年表”就没有错误。最近关于山西曲沃出土的穌编钟的研究已经牵涉到这个问题。日本平势隆郎花了4年时间于1995年出版的《新编史记东周年表》(共670页),找出《史记》“十二诸侯年表”和“六国年表”中记事凡2 891件,有问题的多达835件,几近三分之一。当然,平势隆郎认为有问题的,不一定是问题;他认为没有问题的,也许有问题。因此,作为夏商周断代工程的延伸和补充,东周早期的年代研究也被列为一个专题。

以上13项是已经列入计划,并正在开展的工作。随着对文献的广泛深入普查和工作的全面展开,还会有新的题目增加。夏商周断代工程是一个多学科相互配合的系统工程,我们只要团结一致,努力工作,在未来的三年内一定会有许多成果做出来,预期目标是可以完成的。

〔原刊《天文爱好者》(北京),1997年第4期〕

真金不怕火炼

——布鲁诺的故事

欣闻天津《今晚报》征文，我想以32年前为《北京晚报》写的一篇短文应征：《真金不怕火炼——布鲁诺的故事》。当这篇短文于1965年末送到编辑部的时候，姚文元的《评新编历史剧〈海瑞罢官〉》已经发表，祖国大地正是“山雨欲来风满楼”。文章不但没有发表出来，而且成了“文化大革命”中整我的重要材料。现在欧洲教会已为伽利略平反昭雪，中国也早已雨过天晴，近年来又大力提倡以布鲁诺、伽利略为代表的近代科学精神，这篇短文也许还值得一读。原文如下。

毛主席在《关于正确处理人民内部矛盾的问题》中说：“哥白尼关于太阳系的学说，达尔文的进化论，都曾经被看做是错误的东西，都曾经经历过艰苦的斗争。”在为哥白尼的学说而进行的斗争中，杰出的意大利哲学家约尔丹·布鲁诺（1548—1600）贡献出了自己的一生。他出生在风光明媚的那不勒斯城附近，在当地拉丁语学校毕业后，于1565年被送入多明教会的修道院。正如他自己说的“他们想叫我从一个为美德服务的人，变成假仁假义的可怜而愚蠢的奴隶”。布鲁诺彻底背叛了他的封建僧侣阶级，并且成为唯物主义的一名杰出战士。

僧侣们觉察到22岁的布鲁诺有异端思想，于是把他监视起来，准备迫害他。1576年他逃出修道院后，四处流亡，到过罗马、巴黎、伦敦、日内瓦、布拉格、威登堡（波兰）、法兰克福……但都无容身之处，因为他每到一处，都以滔滔不绝的演说来宣传哥白尼的日心地动说，以尖锐的讽刺来抨击教会的宇宙观。尤其是他的大胆猜想比哥白尼走得更远，使那些虔诚的教徒深感不安。

哥白尼只是认为太阳是宇宙的中心，整个太阳系包容在恒星天球的“墙壁”之内，而布鲁诺则进一步推倒了这个“墙壁”，使人们的宇宙观念扩大到无穷远的边界。布鲁诺说：“恒星不是钉在天穹上的金钉，这是些和我们的太阳一样明亮的天体，只是它们离我们非常远，所以显得像一些小点。”他认为，有无数的地球在绕它们的太阳转，就和我们的行星绕着我们的太阳转一样。无限多的世界在无限大的宇宙中发生、发展、消亡，又重新产生。在无数的世界中，有无限多的生命，我们的人类也不是惟一的。

在欧洲各国流亡了15年后，1591年8月他受骗回国，次年5月被逮捕入狱。经过8年的监禁、折磨、凌辱、拷打，布鲁诺仍然坚贞不屈地说：“我不能够，也不愿意放弃，我没有可以放弃的东西。”

最后，在无可奈何的情况下，宗教裁判所宣布把布鲁诺处以火刑。听完了判决，布鲁诺回答说：“你们宣读判决书的时候，比我听判决的时候，怀着更大的恐惧！”

审判官和大主教面面相觑，到这时候，布鲁诺还不屈服！

1600年2月17日火刑在罗马的百花广场上举行。在广场中央，耸立着高高的十字架，布

鲁诺被绑在上面。柴薪从他的脚下点着,烈火熊熊地燃烧起来。布鲁诺在临终的最后一刹那高喊:"烈火不能把我征服!未来的世纪会了解我,知道我的价值。"

烈火中永生!将近400年过去了,布鲁诺的名字始终铭刻在世界人民的心里,他的关于恒星的看法,关于无限多的太阳系、无限多的生命世界的思想,正在一一被证实,科学、民主和社会主义的旗帜将永远高高飘扬。

〔原刊1997年3月29日《今晚报》(天津);后被收入郭长久主编《博导晚谈录》,天津人民出版社,1998〕

《中国古历通解》序

1949年解放前后，我在中山大学念书的时候，一位女同学在天文系毕业以后，要求转入医学院从头学起，系主任赵却民欣然同意。我们大为不解，群起而质问之。赵先生莞尔而笑，答曰："我是学医的来教天文，现在有一位学天文的去从医，这就是化学上的'可逆反应'，有什么不好？"赵先生毕业于长沙湘雅医学院，因为阅读《观象丛报》（月刊）而对天文学发生了兴趣，跑到济南，向齐鲁大学教授王锡恩学习天文，后来又留学英国专攻天文，回国后成为天文学教授，长期在中山大学和南京大学教书，培养了不少天文人才，其中包括当今中国十大女杰之一、曾两次担任国际天文学联合会副主席的叶叔华院士。以书为媒，引导赵先生走上这条道路的《观象丛报》，是我国第一份天文（包括气象）刊物，创于1915年7月，它的编辑就是这部《中国古历通解》的作者王应伟先生。

王老于1877年9月29日（旧历八月二十三日）出生于苏州，曾在日本留学和工作9年。1915年回国后到北京中央观象台工作，除负责编辑《观象丛报》，撰写了不少文章外，还先后负责天文、气象、地磁等方面的观测工作，招收了10名练习生，我知道的有陈遵妫、陈展云和刘世楷（北京师范大学天文系的创办人）。1922年中国天文学会成立，王老是发起人之一。1928年国民政府定都南京，北京中央观象台撤销，王老于次年转赴青岛观象台任职。"卢沟桥"事变发生，1938年1月日寇占领青岛，王老激于义愤，辞去公职，回到北京家中，钻研中国古代天文。1958年，中国科学院自然科学史研究室计划编写一部《中国天文学史》，在"大跃进"的形势下，要求一年完成。主编叶企孙先生跟我说，咱们把全书分成12章，每章请一个人来写，这样就可以快。王老是叶先生准备邀请的人之一，当时他已年逾八旬，能否工作，大家都没有把握。但当我持介绍信到外交部街协和胡同3号拜访王老时，一见面就疑虑尽释。王老身体健康、思维敏捷、和蔼可亲，在听完我介绍情况以后，当即决定，过两三天以后就来上班。从此王老和我们三四个人在同一房间内工作了5年多，直至他1964年2月26日去世，成了我们终身难忘的良师益友。

王老对待计划很认真，他是首先完成《中国天文学史》中所承担章节的作者之一，虽然这本书由于种种原因，经过多人反复修改，直到1981年才以中国天文学史整理研究小组名义出版。在完成《中国天文学史》中所承担章节以后，1959年他又主动提出要完成清代乾嘉学者钱大昕（1728—1804）和李锐（1768—1817）的未竟之业，继《三统历衍》、《四分历注》和《乾象历注》之后，从魏景初历开始，到明大统历为止，对各家历法或用注解体裁，逐句诠释，或用说明方式，随之解释，成《中国古历通解》一书。为此研究室聘他为特约研究员，但只是荣誉性质，没有物质报酬。在一无工资待遇，二无课题经费的情况下，一位80多岁的老人，奋战4年，完成3卷6编（第2卷分2编，第3卷分4编）凡50余万字的巨著，没有长期的积累是做不到的。没有高度的奉献精神也是做不到的。研究室当时全体同人送王老锦旗一面：

在总路线的光辉照耀下，为科学史研究工作奋勇当先，光荣地贡献了自己的全部知识

和力量，堪称社会主义的模范老人。

王老也赋诗一首，放在自己的案头以自励：

遵循总路线康庄，
忽庆更生喜若狂。
事业刷新周复始，
譬诸日月焕重光。

王老每日工作半天，早晨四五点钟起床，先在家里工作一段时间，吃过早饭后到办公室来，接着工作到中午。有时，我们都吃完午饭了，他却还在那儿手执毛笔，聚精会神地写作。他说，做学问要有积累的功夫，积之弥厚，则发之弥光；用功一定要有恒，不能以为有鸿鹄将至，坐不下来。他常把自己写的东西拿给我们看，请提意见，欢迎修改。我们向他请教时，他总是抱着"尽其所有"的态度给我们讲解。我们请他为黑板报写稿，他也欣然承诺。

1962年8月中国天文学会在北京举行新中国成立后的第二次代表大会，王老作为特邀代表，在会上报告了他的《中国古历通解》，受到了大家的敬佩。但当时王老自己也感到，他的书如果直接出版，和现在通用的语言和风格还有一定的距离，于是我们共同商量，请他的高足弟子陈展云予以修改润色，达到出版水平。陈当场答应，并立即着手进行。但一年多以后，王老病逝，接着"文化大革命"开始，再加上1972年云南天文台成立以前，昆明观测站只陈展云一人坚守阵地，工作很忙，也无暇顾及此事。一拖30年过去了。1992年6月20日开会庆祝北京天文学会成立40周年时，王大珩先生又提出出版《中国古历通解》的设想，但陈展云已于1985年去世。这样专门的学术著作销路很小，许多出版社也不愿意出版，我听了以后觉得很困难。而今辽宁教育出版社自告奋勇，愿意出版此书，并且还要出版数学史家李俨和钱宝琮的全集，此举令科学史界大为振奋，也深为感谢。

这次参加此书校订工作的陈美东先生，是王老去世的当年秋天到我们所来的，和王老没有见过面，但他在历法研究方面，后来居上，成绩卓著，已有《古历新探》一书出版。由他负责《中国古历通解》的校订工作，是再合适不过的人选了。薄树人先生和我一起，与王老共事四年多，是王老很欣赏的同行和同乡。王老为《中国天文学史》写的那一章就是由薄树人改写的，王老在世时当面认可。现在陈美东、薄树人两人珠联璧合，将《中国古历通解》校订一遍，由辽宁教育出版社出版，这对中国天文学史的研究是一大贡献；今年又逢王老诞辰120周年，也是一个具有实际意义的纪念。王老为中国天文、气象、地磁等学科所做的开创工作是我们永远不能忘记的。

1997年2月14日

〔王应伟遗著：《中国古历通解》，
沈阳，辽宁教育出版社，1998〕

《张衡研究》序

公元2世纪世界上出了两位伟大的科学家:一位是希腊文化的压轴人物托勒密(Ptolemy),一位是中国多才多艺的张衡。两位伟人颇有类似之处:托勒密的《天文学大成》(Almagest)是地球中心说的代表作,统治了西方世界近1 400年;张衡的浑天说是东方宇宙理论重要角色,在历史上主导了很长的时间。托勒密的《地理学》是西方世界的经典,哥伦布曾经认真地学习了它,如果不是它把亚洲的位置错画得比实际位置靠近,他就没有勇气去远洋航行,也就发现不了新大陆;张衡发明候风地动仪,能测到数千里之外的地震,在解决至今仍是难题的这一方面,领先世界1800年。托勒密用水做实验,编出了光线以各种入射角从光疏媒质进入水的折射表;张衡用火做实验,发现同样的一团火,白天看就小,夜里看就大,从而得出结论,太阳在中午和早晚一样大,看起来不同是一种光学错觉。

由于时代的局限,两人又都搞迷信活动。张衡信九宫、风角,但没有留下什么著作;托勒密则写了星占学专著《四书》(Tefraiblos),一直到今天,西方的星占学家还在阅读此书,从中寻取灵感并寻找理论根据。

从哲学观点看,张衡则比托勒密高出一筹。托勒密认为世界是有限的;张衡则认为,人们看到的世界是有限的,在这个范围之外,就"未之或知也。未之或知者,宇宙之谓也。宇之表无极,宙之端无穷。"宇宙在空间和时间上都是无限的,而这和当代辩证唯物主义的时空观是一致的。张衡在《灵宪》一开头,即有一段关于天地起源和演化的论述,这与以托勒密为代表的西方古代认为宇宙结构万古不变的思想大异其趣,却与20世纪的宇宙演化学说相通。我曾写过一篇《古代中国与现代西方宇宙学的比较研究》(刊《大自然探索》[成都]1982年创刊号),读者可以参考。

这样一位有突出贡献的科学家却没有得到应有的肯定。英国剑桥大学教授鲍尔(R. S. Ball)写的《伟大的天文学家》一书中,托勒密名列第一,张衡却无立锥之地。美国普林斯顿大学吉利斯皮(G. G. Gillispie)教授主编的16卷本《科学家传记辞典》对托勒密有20页叙述(第11卷186—206页),而张衡则未列传。有鉴于此,中国南阳张衡研究会编辑这本《张衡研究》文集就十分必要,很有意义。它把各方面的研究成果,汇聚在一起,使人们能对这位"科圣"有一全面了解,并鼓舞跨入21世纪的炎黄子孙奋发图强,勇攀高峰,为人类做出更大的贡献。

1999年10月8日于北京

〔刘永平主编:《张衡研究》,北京,学苑出版社,1999〕

《王锡阐研究文集》序

王锡阐(1628—1682)去世后五年,牛顿(1642—1727)的巨著《自然哲学的数学原理》(1687)出版,奠定了近代科学的基础。法国的拉格朗日(J. L. Largrange,1763—1813)认为牛顿生逢其时,不但是历史上最伟大的天才,而且也是最幸运的一位天才。在牛顿以前,17 世纪的欧洲已经涌现了一大批杰出的科学家,伽利略、开普勒、笛卡儿……这些人的光辉名字和业绩尽人皆知,牛顿的成就正是建立在这些巨人的肩膀之上。

牛顿生活在英国,英国克伦威尔(O. Cromwell,1591—1658)率领的铁骑军于 1644 年在马斯顿打败了封建王朝的军队,于 1649 年 1 月 30 日将提倡君权神授的查理一世送上断头台,民主政治开始逐渐形成。1662 年英国伦敦皇家学会成立,科学研究进入了有组织的活动时期。牛顿的成就与这些历史事件不无关系。

反观我国,1644 年则是落后的游牧民族打进山海关,建立了清王朝。正如恩格斯在《反杜林论》里所指出的那样:"每一次由比较野蛮的民族所进行的征服,不言而喻地都阻碍了经济的发展,摧毁了大批的生产力。"(《马克思恩格斯选集》,第 3 卷,第 222 页,人民出版社 1972 年版)王锡阐所在的江南地区又是这次被破坏得最严重的地方,明末产生的一点点资本主义萌芽被摧毁殆尽。

1644 年王锡阐才 17 岁就遭到"亡国"的痛苦,他先是投河未遂,接着绝食 7 天未死,终身以明朝遗民自居,拒绝科举考试以求仕进,通过自学成了一位民间天文学家。他所能接触到的天文学只有明代的大统历和徐光启领导的几位耶稣会士编译的《崇祯历书》。关于他的天文观测活动留下的惟一记载是"每遇天色晴霁,辄登屋鸱吻间,仰观星象,竟夕不寐",即在旧式瓦房的人字形屋顶上整夜做目视观察。他一生贫困,不可能有大型仪器和精密时计,既无子女,也无助手。

然而就是这样一位在穷乡僻壤孤军奋战的人士,在讨论观测误差时竟然意识到了仪器的系统误差("工巧不齐")和观测中的人差(personal error)("心目不一"),在《晓庵新法》中首次给出了金星凌日的计算方法,在《五星行度解》中对第谷的太阳系模型做了修正,并对行星运动的物理机制进行了讨论。如果说《晓庵新法》是中国传统天文学最后一部有创新内容的历法,《五星行度解》则是中国人接受了西方天文学以后进行独立发展研究的第一部著作。王锡阐在中国天文学史上有承前启后的作用,是一位值得纪念的人物。

王锡阐生活的时代,正是康熙(1662—1722 年在位)统治中国的时候,这位自认为精通天文的英明君主,竟然不知道他的国土之内有这样一位天文学家,从来没有提过、问过。但是,当王锡阐活着的时候,民间已有"南王北薛"之称。"北薛"是山东的薛凤祚(1600—1680),而梅文鼎认为"近世历学以吴江(王锡阐)为最,识解在青州(薛凤祚)之上"。这是最准确的评价。

20 世纪美国科学史家吉利斯皮(G. G. Gillispe)对科学家的标准要求极严,他认为 1663 年英国皇家学会公布的 115 名会员,其中有相当一批人不但算不上是科学家,甚至连从事科学研究的能力都没有。但是在他主编的 16 卷本《科学家传记词典》中,还是把王锡阐列入了,而且

请席文(N. Sivin)写了很长的篇幅。现在我们把这篇文章也收入这本文集中,大家可以借此了解国际上是怎样看待王锡阐的。

1998年是王锡阐诞辰370周年,他的家乡江苏省吴江市联合有关学术单位在该年11月22日至25日举行了纪念活动和学术讨论会。讨论会内容分两部分:王锡阐研究和计时仪器研究。现将研究王锡阐的论文汇集成册,经陈美东先生和沈英法先生予以修改、定稿,由河北科技出版社出版。为了使这部论文集能够全面地反映20世纪国内外研究王锡阐的水平,他们又选收了一些过去已经发表过的文章。这样做已经得到了美国席文的首肯,他认为"这部书一定是后来学者的宝贝"。

从弘扬科学精神、科学思想和科学方法的角度来看,王锡阐研究更具有现实意义。他说:"人明于理而不习于测,犹未之明也。器精于制而不善于用,犹未之精也。"这把理论、仪器和观测三者之间的关系说得多么深刻。他在《晓庵新法·序》里说:"以吾法为标的而弹射,则吾学明矣。"不把自己的创见当做真理的终结,只当做寻求真理的开始而欢迎大家批评,这种科学态度,是永远值得我们学习的。因此本文集中的文章,我相信每位作者都是欢迎批评讨论的,故乐为序,推荐给读者,同时也表示对先贤王锡阐的景仰。

1999年8月7日

〔陈美东,沈荣法主编:《王锡阐研究文集》,石家庄,河北科技出版社,2000〕

《薄树人天文学史文集》序

1984年7月30日我给中国科学院博士生导师评委会写过一封推荐信,全文是:

> 薄树人同志1957年南京大学天文系毕业来到自然科学史研究所工作,1959年写的《中国古代恒星观测》在《科学史集刊》发表后,即得到各方面的好评,并受到竺可桢副院长的接见。其后,1960年写的《论徐光启的天文工作》被上海天文台台长李珩认为是研究徐光启的必读文件,至今尚未有超出其水平者。1964年和我合写的《中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义》,在《天文学报》发表后,立即被美国航空航天局(NASA)和《科学》(Science)杂志分别翻译出版,至今仍被广泛应用,而且有个代号"XB"(席薄)。1980年由他修改定稿的《中国天文学史》是这方面惟一系统的著作,日本学士院院士、京都大学荣休教授薮内清读后来信给我说:"读了此书,我觉得对中国天文学史有重新认识的必要。"这几年,他主编科学出版社出版的《中国天文学史文集》和上海科技出版社出版的《科技史文集》中的"天文学史专辑"共五册,影响很大。他给《中国古代天文学家》写的司马迁、郗萌和札马鲁丁三人,今年7月上旬在大连召开的审稿会上,审稿人一致认为是高水平的。
>
> 他曾受东道主的邀请和全部费用招待,到比利时和香港参加第一、二届国际中国科学史讨论会,并应《历史超新星》(Historical Supernovae)的作者、英国科学家斯蒂芬森(F. R. Stephenson)的邀请,将于今年秋天到杜兰姆(Durham)大学物理系进行合作研究。
>
> 他1981年在北京师范大学天文系讲授中国天文学史,其后该班即有一人考取我所研究生,一人来我所工作。1983年给我所天文学史研究生开"古典文献阅读"和"天文史料学"两门课,准备充分,讲课认真,效果良好。
>
> 今年6月29日北京天文馆名誉馆长陈遵妫在给我的信中说:"20多年来,你所的确出了不少天文史人才,如树人发表了不少中国古代天文史论文,现任副所长,是你的得力助手,谅已晋升为研究员了吧!"
>
> 根据以上情况,不难看出,树人已是中外知名学者,这门学科的学术带头人,早已具备培养博士生的条件。我建议授予他带博士生的权利,以充实我所天文学史培养博士生的力量。

这封信扼要地反映了他在1984年以前的学术成就。1984年至1997年9月22日去世之前的13年中,他又更上一层楼,做了三件大事:

一是组织编写《中国天文学史大系》。这套书本来准备组织全国同行编写16卷,后来因为有的作者逝世(如刘金沂),有的年老多病(如王立兴、郑文光和我),只完成了11卷,但已多达600万字,是迄今为止卷数最多、篇幅最大的中国天文学史系列专著。它既是中国学者在世纪之交对20世纪天文学史研究的总结,也是21世纪天文学史研究的起点,具有承前启后的作

用。这 11 卷书的书名和作者是：

天文学家卷(陈久金等)
历法卷(张培瑜等)
天文学思想卷(陈美东、徐凤先)
星占术卷(卢央)
天体测量与天文仪器卷(吴守贤、全和钧等)
天文机构与天文教育卷(陈晓中)
少数民族天文学卷(陈久金)
古代天文与西学东渐卷(崔振华、杜升云)
近现代天文学卷(苗永宽、肖耐园)
古代天象纪录的现代应用卷(庄威凤等)
中国古代天文学史词典(徐振韬等)

今天，当这 11 本书由河北科技出版社正式奉献在读者面前时，为它历尽心血的策划者和组织者则没有能亲眼看到，不能使所有的作者和读者对他表示敬意和怀念，不能说不是一件憾事。

二是主编了《中国科学技术典籍通汇》中的《天文卷》。《通汇》共分数学、天文、物理、化学、生物、地理、医学、农学、技术和综合 10 卷。其中《天文卷》占的篇幅最多，在 51 个分册中，它拥有 8 个分册，其规模远远超过了清代《四库全书》中的"天文算法类"。更为重要的是，对其中所收的多部文献，他都组织有关专家写了 500～5 000 字的内容提要，其准确性也远高于《四库全书总目提要》，而由他本人在卷首写的长篇叙文，则是画龙点睛的一篇精彩论文，尤其值得一读。这部书的出版，大大便利了国内外学者对中国天文学史的研究，是一项铺路奠基的工作，功德无量。

三是与韩国学者罗逸星等人发起组织国际东方天文学史讨论会(International Conference on Oriental Astronomy)。从 1993 年以来，此会已在韩国汉城(1993)、中国鹰潭(1995)和日本福冈(1998)开了三次，第四次将于 2001 年在中国南阳举行。在日本福冈召开的第三次会议上，与会者全体起立向他默哀一分钟，表示了深切的哀悼。这个系列性的国际会议有广阔的前景。所谓"东方"，可以东起日本，西到西班牙，因为在中世纪，它曾属于阿拉伯文化圈。在这两极之间，有世界上的四大文明古国(巴比伦、埃及、中国和印度)，还有希伯来、波斯和东罗马帝国。这些国家都对人类文明做出了重大贡献，研究它们的天文学史，将是一个长期而艰巨的任务，既可以分别研究各个国家各个民族的天文学发展史，也可以研究它们之间的相互关系史，领域辽阔，足以天马行空。

如果把树人比做"千里马"，那么发现这匹"千里马"的"伯乐"就是南京大学天文系主任戴文赛先生。戴先生学识渊博，思路开阔，因人施教，循循善诱，具有很大的凝聚力，为中国天文学界的各个专业培养了一批又一批出色的人才。1955 年 4 月我去南京参加苏联天体演化学研讨会，到他家里做客，他很兴奋地告诉我，他已看中薄树人是研究天文学史的人才，准备作定向培养，将来能和我一起工作。1957 年薄在南大毕业后，分配来北京，是那么自然，专业思想非常稳定。来后在中关村工地劳动一年，回到所里后，立即安排他参加《中国天文学史》的编写工作，而他承担的《中国古代的恒星观测》一章第一份交卷，一炮打响，充分体现了他的学术素质和适应能力。他脚勤手快，学风严谨，思路周到，给全体同人以良好的印象。

树人和我共事40年，可以分为四个阶段。头10年(1957—1966)每天坐在一个屋子里，朝夕相处。这个屋子里还坐着两位老先生：王应伟和叶企孙。王老当时已年过80岁，仍然破晓举灯精研，早饭后来工作半天，有时我们都吃完午饭了，他却还在那儿手执毛笔，聚精会神地写作。他常把自己写的东西拿给我们看，虚心听取意见。我们向他请教，他总是抱着“尽其所有”的态度给我们讲解。叶企孙每星期来两个半天，虽然时间不多，但细致深入，给我们开过《墨经》、《考工记》、“世界天文学史”等课；他一再强调，在研究所做工作，要侧重提高，研究论文要有新见解，不能人云亦云，经不起时间的考验。这两位老人，尤其后一位大师(1999年9月18日国家隆重表彰的为“两弹一星”做出突出贡献的23位功勋科学家中有11位出自他的门下)，言传身教，对我和树人的成长给予了深刻的良好影响。这一时期，我俩无话不谈，亲密无间，每写出一篇文章，都先互相看过、改过，再送出去发表。

1966年6月1日，北京大学的所谓“第一张马列主义大字报”在电台一广播，“无产阶级文化大革命熊熊烈火”在全国燃烧起来了；叶企孙成了“特务”，被关进监狱；我也被打成“三反分子”，送进牛棚；树人虽然没有事，跟着“革命派”在战斗，但由于家庭出身和社会关系等问题，也不是“响当当的造反派”。因此，在人与人之间就划开了许多鸿沟，彼此很少来往，虽然“文化大革命”后期也合作写过文章。

1978年迎来了科学的春天，我和他又都走上了领导工作岗位，在联手担任所长、副所长期间(1983—1987)，团结得很好。他负责行政工作，也确实难为了他。这一时期，所址连续三迁(从贡院西街一号到雍和宫小学，再到东皇城根)，在很艰苦的条件下，他还是出色地完成了任务，而且在集体领导过程中，他善于思索，采取了许多有益的举措，对所的建设做出了一定贡献。他在担任过副所长以后，又去专做数学天文学史研究室主任，而且认真负责地去做，这种能上能下的风格实属难能可贵。

1988年以后我搬居北郊，他住中关村，两人联系很少。此时我的兴趣转入科学思想史，而他在天文学史领域则大干快上，做出了上述三大贡献，并培养了七位博士生和硕士生，使人觉得“风景这边独好”。

树人同志在科学史领域勤勤恳恳工作了40年，成绩斐然。他在病重期间还为别人查材料，为别人修改稿子，而使他自己在《中国天文学史大系》中承担的《中国古代天文学文献》卷未能完成，这种先人后己的精神更值得我们学习。

1997年9月22日树人在地坛医院去世之日，正是我患急性心肌梗塞住进阜外医院准备动手术之时，我没有能前去看望他，也没有向他的遗体告别，一直引以为憾。而今，他的学生华同旭、胡铁珠、孙小淳等把他生前写的论文汇集在一起，准备出版，约我写一篇“序”。这是一件大好事，对我来说，也是弥补遗憾的一个机会，故欣然动笔，说了上面的这些话，以告树人同志在天之灵。

树人同志，你安息吧！我虽已“视茫茫，发苍苍”，“毛血日益衰，志气日益微”，但在我们开垦的园地上，后继有人，事业蒸蒸日上，工作会做得越来越好。

1999年12月15日

〔《薄树人天文学史文集》，合肥，中国科学技术大学出版社，2002〕

中国传统文化里的科学方法

一　从“大胆假设”和“小心求证”谈起

1933年6月10日爱因斯坦(Albert Einstein)到英国牛津大学讲《关于理论物理学的方法》,开头第一句就是:

> 如果你们想要从理论物理学家那里发现有关他们所用方法的任何东西,我劝你们就得严格遵守这样一条原则:不要听他们的言论,而要注意他们的行动。对于这个领域的发现者来说,他的想象力的产物似乎是如此必然和自然的,以致他会认为,而且希望别人也会认为,它们不是思维的创造,而是既定的实在。(许良英等编译《爱因斯坦文集》,第一卷,312页,商务印书馆,1977)

我国杰出科学家钱学森也有类似的看法,他在《为〈科学家论方法〉写的几句话》中说道:

> 科学研究方法论要是真成了一门死学问,一门严格的科学,一门先生讲学生听的学问,那大科学家也就可以成批培养,诺贝尔奖金也就不稀罕了。(周林等编《科学家论方法》,第一辑,2页,内蒙古人民出版社,1984)

爱因斯坦和钱学森的话都是经验之谈。的确,科学研究没有纯粹的逻辑通道,卓有成效地运用各种方法的能力,只能来自科学研究的实践活动。纯粹的方法论研究,只能够给人以借鉴和启发,从而增强研究主体方面的理论修养,起到一定的帮助作用。

近代我国学者中讨论科学方法最多的一个人是胡适。1952年12月他在台湾大学广场讲《治学方法》,一连三天,听者人山人海,可谓盛矣。第一天是“引论”,他说:

> 我们研究西方的科学思想,科学发展的历史,再看看中国二千五百年来凡是合于科学方法的种种思想家的历史,知道古今中外凡是在做学问做研究上有成绩的人,他的方法都是一样的。古今中外治学的方法是一样的。(姚鹏、范桥编《胡适讲演》,3页,中国广播电视出版社,1992。以下凡引此书,只注页码)
>
> 方法是甚么呢?我曾经有许多时候,想用文字把方法做成一个公式、一个口号、一个标语,把方法扼要地说出来;但是从来没有一个满意的表现方式。现在我想起我二三十年来关于方法的文章里面,有两句话也许可以算是讲治学方法的一种很简单扼要的话。
>
> 那两句话就是:“大胆的假设,小心的求证。”(4页)

大胆的假设和小心的求证,二者不是并列,重要的是求证。第二天讲"方法的自觉",举1860年赫胥黎(Thomas Henry Huxley)的儿子死了以后,宗教家金司莱(Charles Kinsley)写了一封信给他,劝他趁这个机会,"应该想想人生的归宿问题吧!应该想想人死了还有灵魂,灵魂是不朽的吧!"赫胥黎回信说:

> 灵魂不朽这个说法,我并不否认,也不承认,因为我找不出充分的证据来接受它。我平常在科学室里的时候,我要相信别的学说,总得要有证据。假使你金司莱先生能够给我充分的证据,同样力量的证据,那么,我也可以相信灵魂不朽这个说法。但是,我的年纪越大,越感到人生最神圣的一件举动,就是口里说出和心里觉得"我相信某件事物是真的";我认为说这一句话是人生最神圣的一件举动,人生最大的报酬和最大的惩罚都跟着这个神圣的举动而来的。(15页)

赫胥黎的这种彻底的唯物主义的态度和严肃认真的精神,是许多科学家做不到的。胡适称赞说:"无论是在科学上的小困难,或者是人生上的大问题,都得要严格的不信任一切没有充分证据的东西:这就是科学的态度,也就是做学问的基本态度。"(15页)

"拿证据来!"这不仅是手电筒照别人,还要照自己。胡适说:

> 方法的自觉,就是方法的批评;自己批评自己,自己检讨自己,发现自己的错误,纠正自己的错误。(13页)

他又说:"做学问有成绩没有,并不在于读了'逻辑学'没有,而在于有没有养成'勤、谨、和、缓'的良好习惯。"(23页)这四个字是宋朝一位参政(副宰相)讲的"做官四字诀",胡适认为拿来做学问也是一个良好的方法:

第一,"勤",就是不偷懒,要下苦功夫。

第二,"谨",就是不苟且,不潦草。孔子说"执事敬"就是这个意思;"小心求证"的"小心"两个字也是这个意思。

第三,"和",就是虚心,不固执,不武断,不动火气。赫胥黎说:"科学好像教训我们:你最好站在事实面前,像一个小孩子一样;要愿意抛弃一切先入的成见,要谦虚的跟着事实走,不管它带你到什么危险的境地去。"这就是"和"。

第四,"缓",就是不着急,不轻易下结论,不轻易发表。凡是证据不充分或是自己不满意的东西,都可以"冷处理"、"搁一搁"。达尔文的进化论搁了20年才发表,就是"缓"的一个典型。胡适认为,"缓"字最重要。如果不能"缓",也就不肯"谨",不肯"勤",不肯"和"了。

"缓"与"急"相对,1984年茅以升为《科学家论方法》第一辑题词曰:

> 在情况明、方法对的条件下,还有'急事缓办,缓事急办'这另一层功夫,权衡急徐,止于至善。

这就把中国传统文化中的科学方法引向了更深的一个层次,具有辩证法的意义。

胡适在台湾大学演讲的第三天,题目是"方法与材料",尤为精彩。他说:

> 材料可以帮助方法；材料的不够，可以限制做学问的方法；而且材料的不同，又可以使做学问的结果与成绩不同。（35页）

他用1600年到1675年，75年间的一段历史，进行中西对比，指出所用材料不同，成绩便有绝大的不同。这一段时间，在中国正是顾炎武、阎若璩时代，他们做学问也走上了一条新的道路：站在证据上求证明。顾炎武为了证明衣服的“服”字古音读作“逼”，竟然找出了162个例证，真可谓“小心求证”。但是，他们所用的材料是从书本到书本。和他们同时代的西方学者则大不相同，像开普勒（Johannes Kepler）、伽利略（Galileo）、牛顿（Isaac Newton）、列文虎克（Anton van Leeuwenhoek）、哈维（William Harvey）、波义耳（Robert Boyle），他们研究学问所用的材料就不仅是书本，他们用做研究材料的是自然界的东西。他们用望远镜看到了以前看不清楚的银河和以前看不见的卫星；他们用显微镜看到了血球、精虫和细菌。结果是：他们奠定了近代科学基础，开辟了一个新的科学世界。而我们呢，只有两部《皇清经解》做我们300年来的学术成绩。双方相差，真不可以道里计。胡适最后结论说：

> 有新材料才可以使你研究有成绩、有结果、有进步。所以我还是要提……“上穷碧落下黄泉，动手动脚找东西。”（43页）

用我们现在的话说就是：要利用各种工具，不辞辛苦，获取信息，在不断扩充材料的基础上才能做出成绩来，光有方法是不行的。

胡适谈到了清代考据之学大盛，却没有找出其原因。我们认为，明末清初有两拨人，他们政治上是对立的，但学术思想则殊途同归。一拨是明末遗民，如顾炎武、王夫之，一拨是清朝新贵，如康熙、乾隆等。前者对明朝的灭亡进行反思，反思的结果是：王阳明违背了儒家的教导，空谈心性，导致了明朝的灭亡。后者是一个文化落后的民族，要统治文化先进而人口众多的汉民族，就必须学习汉文化，从汉文化的经典中寻找治国平天下的办法。这样，就不约而同地都要“回归六经”，了解经书的真谛。没有想到，正当我们的先辈们把“回归六经”作为自己奋斗目标的时候，西方科学技术却迈开了前所未有的步伐。直到西方人的坚船利炮打开我们的大门，我们才恍然大悟，发现自己已经大大落后了。

二 《中庸》的学、问、思、辨、行

“中庸”一词首见于《论语·雍也》篇：“子曰：‘中庸之为德也，其至矣乎！民鲜久矣。’”朱熹的注是：“鲜，少也。言民少此德，今已久矣。”在这里，似乎是指为人处事的方法，但也有人把它理解为治学的方法。最近唐稚松院士在《XYZ系统的哲学背景》一文中说，孔子的“中庸之道”，概括起来有以下几点：(1) 研究问题要从实际出发，而不是从主观的概念形式出发；(2) 从变化中对具体时间地点等各种条件进行具体分析；(3) 所谓“中”就是掌握合适的分寸，过犹不及，恰如其分。唐稚松先生又说，正是采用“中庸之道”作为指导思想，他的时序逻辑语言的研究工作，才找到一种简单而又解决问题的实际方法，从而使他的XYZ系统获1989年国家自然科学一等奖。

日本软件工程权威、SRA技术总裁岸田孝一于1995年12月4日在《朝日新闻》（夕刊）发表专文介绍XYZ系统时说：“虽然这系统所采用的基础数学理论来源于西方，但构造此系统的

哲学思想却来自中国,这也许可以说是东方文明对于新的21世纪计算机技术发展的一大贡献吧!”

唐稚松先生构造XYZ系统所用中国哲学思想,除中庸之道外,还有《易·系辞》中的阴阳对立思想和《三国演义》中的“合久必分,分久必合”思想,读者如有兴趣,请看他的文章。(见朱伯崑主编《国际易学研究》,第4辑,34—64页,华夏出版社,1998)

《中庸》一书,相传为孔子的孙子孔伋(又名子思)所作,其中第二十章有关于治学方法的系统论述,可以说是中国传统文化的精华,首先为孙中山所发现,并于1924年亲笔题写,作为广东大学(中山大学前身)的校训:“博学、审问、慎思、明辨、笃行”。现在中山大学的校歌中还有“博学审问,慎思不罔,明辨笃行,为国栋梁”的歌词。

这十个字是简化。《中庸》里的全文可分为三部分:

1. “博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之。”

[英译]Learn avidly! Question what you have learned repeatedly! Think over them carefully! Analyse them intelligently! Put what you believe into practice diligently!

2. “有弗学,学之弗能,弗措也。
有弗问,问之弗知,弗措也。
有弗思,思之弗得,弗措也。
有弗辨,辨之弗明,弗措也。
有弗行,行之弗笃,弗措也。”

[英译]It doesn't matter if you have not yet started to learn something. When you have started, however, you must not stop until you really know it. It doesn't matter if you have not yet asked questions, but when you begin, you must not stop until you are satisfied. It doesn't matter if you have not yet started to think carefully, but when you do, stop only when you have reached a conclusion. It doesn't matter if you have not yet started to discern something, but when you have, you must not stop until you are clear. It doesn't matter if you have not yet started to practise something, but when you do, you must diligently put it into practice.

3. “人一能之,己百之;人十能之,己千之。果能此道矣,虽愚必明,虽柔必强。”

[英译]While others are able to know something by learning it once, you should learn it a hundred times; while others are able to know it by learning it score of times, you should learn it a thousand times. If you can really do things in such a way, you would be intelligent even though you had been foolish, and you would be strong even though you had been weak in the beginning.

第一部分勾画出了做学问的基本步骤和方法,留待后面再详细讨论。第二部分可以概括成一个“严”字。现在我们讲严谨治学,提倡“三严”精神(严肃的态度、严格的要求、严密的方法),这段话也就是这个意思。“弗”即不,“措”有停止的意思,唐代孔颖达的解释是:“学之弗能,弗措也”,言学不至于能,不措置休废也。也就是说:学—问—思—辨—行,这五步,每一步都马虎不得,都要严肃认真地进行。第三部分可以归纳成一个“勤”字。不怕笨,就怕没有克服困难的毅力。“人一能之,己百之;人十能之,己千之”,只要勤勤恳恳,投入比别人更多的劳力,就一定能有所创新,变愚蠢为聪明,变柔弱为刚强。可见作者对他这一套治学方法是充满信

心的。

从认识过程来看,研究科学的方法,大体可以分为获取信息(材料)、处理信息和检验结果三阶段。《中庸》中的"学"是获取信息,第二步"问"是发现问题和提出问题,第三步"思"是处理信息,用各种逻辑方法进行推理,得出结论。结论是否正确,那就要进行第四步:辨。辨明白了,如果正确,那就坚持真理,一往无前地去执行,即第五步:笃行之。以下就这五个步骤,结合中国古代文献,充分讨论一下。为了加深了解,我们对三段原文还附上了宫达非、冯禹的英译,原译见《先哲名言》(Chinese Maxims)27—28 页,华语教学出版社 1994 年版。

"博 学 之"

做一项研究工作,首先得看看前人在这方面做了些什么,这就得读书、看杂志,这就是"学"。但是光读书不行,更重要的是调查研究和进行实地考察。按照朱熹的解释,"博学之"就包含着这方面的内容。他说:

> 今也须如僧家行脚,接四方之贤士,察四方之事情,览山川之形势,观古今兴亡治乱得失之迹,这道理方见得周遍。"士而怀居,不足以为士矣!"不是块然守定这物事在一室,关门独坐便了,便可以为圣贤。([宋]黎靖德编《朱子语类》卷 117,中华书局,1986。以下凡引《朱子语类》皆仅注卷、页)

他反复强调多"于见闻上做工夫",他的关于海陆变迁的学说,就是建筑在"常见高山有螺蚌壳"和"登高而望,群山皆为波浪之状"两个观察事实的基础上的。

观察是认识的基础,儒家一贯有这样的看法。《易·系辞(下)》:"仰则观象于天,俯则观法于地,观鸟兽之文,与地之宜,……"。这里一连用了三个"观"字,然后才建立它的世界图景。不但要对天地、生命,即整个自然界进行观察,还要对生物与环境(地)的关系(宜)进行观察。明末方以智在他的《物理小识·自序》里说:"物有其固,实考究之。"他的"实考"不仅包括文字考证,还包括实地考察和实验验证。例如,孔子要人们"多识于鸟兽草木之名"(《论语·阳货》),方以智就说:"草木鸟兽之名最难考究,……须足迹遍天下,通晓方言,方能核之"(《通雅·凡例》),这就证明他是做过一些实地考察的。又如,他研究声音的共振现象,不仅重复了沈括《梦溪笔谈》中的实验,即两张琴的弦与弦相应,来证明共振,而且做了改进,改弦与弦相应为笛和琴的管与弦相应,从而进一步证明了共振现象的普遍性。王夫之称赞说:"密翁(方以智字密之,故称密翁)与其公子为质测之学,诚学、思兼致之实功。"(《船山遗书·搔首问》)但是,获取信息的方法有一个从原始的肉眼观察到近代各种仪器观察,从单纯的直接观察到各种控制实验观察,从地面观察到空间和地下观察,从直接实验到计算机模拟实验,从物理模拟到数字模拟等从简单到复杂的过程,中国到方以智只是走完了第一步。

"审 问 之"

茅以升有个独特的教学方法:每堂课的前 10 分钟,指定一名学生就前次学习课程提出一个疑难问题,如果提不出来,则由另一学生提问,前一学生作答。问题提得好,或教师都不能当堂解答者,给满分。此法实行后,学生由被动学习变为主动学习,学业大进。教育家陶行知观摩以后,大感兴趣,认为是"教学上的革命"。的确,"不学不成,不问不知"(王充《论衡·实知》篇),但更重要的是问,只有会提问题的,才会做学问。爱因斯坦说:

> 提出一个问题往往比解决一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅是一个数学上

或实验上的技能而已。而提出新的问题,新的可能性,从新的角度去看旧的问题,却需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步。(《物理学的进化》,周肇威译,66页,上海科学技术出版社,1962)

1900年,希尔伯特(David Hilbert)在巴黎世界数学家大会上提出了23个尚待解决的难题,带动了整个20世纪数学的发展,其中有些难题,至今也还没有完全解决,仍然是数学界关注的焦点。"哥德巴赫猜想"就是希尔伯特的第八个问题(素数问题)的一部分。希尔伯特说:

将黎曼的素数公式彻底讨论清楚以后,也许我们就有能力去严格地解决哥德巴赫猜想了……以及相差2的素数对(即孪生素数,prime twins,如3,5;17,19)是否有无穷多的问题。(转引自梁宗巨《世界数学史简编》,494页,辽宁人民出版社,1980)

1966年我国数学家陈景润证明了"每一个充分大的偶数都能够表示为一个素数及一个不超过二个素数的乘积之和"。这个命题用通俗的话说,就叫做1+2。1973年,他在《中国科学》上发表了全部详细论证,同时又证明了"对于任意偶数 h,都存在无限多个素数 p,使得 $p+h$ 的素因子的个数不超过2个。"这一命题与孪生素数问题十分接近,而前一命题则接近哥德巴赫猜想。

朱熹描述人们的认识过程是:"未知有疑,其次则渐渐有疑,中则节节有疑,过了一番后,疑渐渐解,以至融会贯通,都无所疑,方始是学。"和朱熹的这段话类似,我国古代禅师青原惟信说得更生动:

老僧三十年前未参禅时,见山是山,见水是水。及至后来亲见知识,有个入处,见山不是山,见水不是水。而今得个休歇处,依前见山只是山,见水只是水。(《五灯会元》卷17)

从认识的角度来解释朱熹和青原惟信的话,就知道含义是非常深刻的。人们认识事物的过程可以分为三个阶段:第一个阶段是认识事物的现象阶段,也就是经验性、技术性阶段,故"见山是山,见水是水"。经过人们对其经验(或技术)进行理性加工(也就是分析、推理、归纳、演绎等),认识就上升到第二阶段,亦即对象的本质阶段,此时由于山与水的本质是决定山与水的现象的基础,它更具有山之所以为山和水之所以为水的内在特征。通过理性认识阶段对山和水的认识就更具有真理性。它与第一阶段所形成的关于山和水的现象认识有本质的不同与飞跃,这就是为什么"见山不是山,见水不是水"。但人毕竟是生存于现实世界中,科学研究不能仅止于理性主义的理念世界,最后仍应回到现实世界中。事实上,现象与本质,既是对立的,又是统一的。本质从来是存在于现象之中的;现象有些是歪曲本质的,有些则是反映本质特征的。通过对感性认识的理性处理,删去不反映本质甚至歪曲本质的那些感性材料,然后将剩下的能从不同方面反映事物本质、具有代表性的现象,按事物的本来面目加以重新综合,使认识的对象一方面具有事物的原貌,一方面又能更直接地反映该事物的本质。这种反映本质的各方面现象的综合物,才是研究对象的本质的更全面的反映,此时见山又是山,见水又是水了。但这时认识的山和水,和第一阶段的山和水在深刻性方面有了本质的不同。

"慎思之"

朱熹解释说:"学也,问也,得于外者也。若专恃此而不反之以心,以验其实,则察之不精,信之不笃,而守之不固矣,故必思索以精之,……知其为何事何物而已也。"(《中庸或问》)朱熹

所谓的“心”就是现在的脑。我国直到清代王清任的《医林改错》才正确指出“灵机记性，不在心在脑”，“医书论病言灵机发于心”是错误的。朱熹这段话的意思就是说，由感官得来的知识，必须经过大脑思索、逻辑推理，才能有更深刻的认识，得出可靠的结论。这也就是强调认识过程第二阶段的重要性。

如何思索和推理，《中庸》没有具体论述，但在儒家经典中散见的还是有一些，这里仅举《论语》中的两例。一是孔子的“举一反三”（见《述而》篇）和“一以贯之”（见《卫灵公》篇），既包含了归纳和演绎，又包含了类比和联想，是一种很好的思想方法。《周髀算经》中陈子对荣方说：

> 夫道术，言约而用博者，智类之明。问一类而以万事达者，谓之知道。……是故能类以合类，此贤者业精习知之质也。

所谓“言约而用博”、“问一类而以万事达”和“类以合类”，正是孔子“举一反三”和“闻一知十”的意思。在陈子看来，这便是“道”或“道术”。用现在的话来说就是“方法”。中国自然辩证法研究会主办的《方法》杂志，其英文译名即为“Way”（道）。陈子认为能不能掌握这个方法，便是学问能不能长进的关键。

《周髀算经》古时被列为“算经十书”之首，实际上是天文学内容占绝大部分。真正奠定中国古代数学基础的是紧排在《周髀算经》之后的《九章算术》，而刘徽的注尤为重要。刘徽在“序”中说：

> 事类相推，各有攸归，故枝条虽分而同本干者，知发其一端而已。又所析理以辞，解体用图，庶亦约而能周，通而不黩，览之者思过半矣。

这又是孔子“举一反三”“一以贯之”的方法在数学领域的一次具体运用。

孔子的另一方法是“叩其两端而竭焉”。《论语·子罕》篇有：子曰：“吾有知乎哉？无知也。有鄙夫问于我，空空如也，我叩其两端而竭焉。”孔子自认为“无知”，对许多问题也常空无所答。因此他采用“叩其两端而竭”的方法来寻找答案，也就是利用对同一问题的各种对立观点和各种事物的极端状态，对其中的矛盾进行分析，以求得正确的了解。孔子的这段话，与苏格拉底(Socrates)的不以智者自命的立场与采用“诘问”方式以除非求正的方法类似，均属于辩证体系的求知方法，但孔子说得更具体而明白。

“叩其两端而竭”的辩证逻辑，对于汉语的构词具有深刻的影响。汉语中常用两个相互对立的概念来构成一个更具普遍意义的概念，如冷热（温度）、大小（体积）、东西（实物）和远近（距离）等。在现代科学中，这种抓两头的办法也常用，如物理学中的高温、低温，高能、低能，如天文学中超高密（中子星）、超稀薄（星际介质和原始星云），都是重点研究对象。

从以上两例（“举一反三”和“叩其两端”）可以看出，中国古代虽然没有写出系统的逻辑学著作，但是关于思维方法的讨论还是有的，否则，怎么能写出那么多的好文章，做出那么多的科学成就呢？虽然一个国家的科学发达与否，与逻辑学并没有直接关系。

“明 辨 之”

朱熹解释说：“思之慎，则精而不杂，故能有所自得而可以施其辨。辨之明，则断而不差，故能无所疑惑而见于行。”（《中庸或问》）这就是说在经过理性思维，由表及里，去粗取精，自己得出结论以后，还要接受检验（辨）。检验的结果如果是正确的，那就不必再犹豫而可以付诸实行

了。至于如何检验,《中庸》和朱熹都没有说,但墨子提供了一个标准。《墨子·非命(上)》说:"言必有三表",任何一个理论,第一,要有历史事实做根据("上本之于古者圣王之事");第二,要符合大家的感性知识("下原察百姓耳目之实");第三,要于国于民有利(用之,"观其中国家百姓人民之利")。

墨子用三表法对当时流行的天命论进行了严厉的批判,但又用它证明鬼神的存在。汉代王充提出,墨子的错误在于,他过于相信耳目之闻见,把传闻当做了事实。他在《论衡·薄葬》篇里说:"墨议不以心而原物,苟信闻见,则虽效验彰明,犹为失实。"他主张"是非者不徒耳目,必开心意"。这就是说,判断是非的标准,不能单凭耳闻目见,还得开动脑筋,对它进行考察和分析。在这里,已显出了经验主义和理性主义的结合。

在天文学领域,从汉代起就确立了以日食观测作为检验历法的标准。汉武帝时,邓平、司马迁等提出的太初历,先后和28家历法进行比较,经过36年的辩论,才确定了其地位。唐代一行制成大衍历后不到三年,就有许多人提出不同意见,认为大衍历并不好,但和历年日食观测纪录一对比,知当时的三种历法中,九执历只合十分之一二,麟德历合十分之三四,而大衍历适得十之七八,于是大衍历仍得继续实行下去。南宋绍兴五年正月朔(1135年1月16日)日食,太史(天文台台长)推算错误,常州布衣陈得一预告准确,于是太史退位,由陈得一主持改历,八月历成,名统元历。

陈得一的推算是否绝对准确?也不是。所谓准确,也是历史的、相对的、有条件的。明末徐光启作过一个统计:"日食自汉至隋凡二百九十三,而食于晦日(月底)者七十七,晦前一日者三,初二日者三,其疏如此。唐至五代凡一百一十,而食于晦日者一,初二日者一,初三日者一,稍密矣。宋凡一百四十八,则无晦食,更密矣;犹有推食而不食者十三。元凡四十五,亦无晦食,更密矣;犹有推食而不食者一,食而失推者一,夜食而书昼者一。"(《徐光启集》,下册,414页,上海古籍出版社,1984。以下凡引《徐光启集》皆仅注页码)

宋代的明天历规定,推算日食初亏时间以相差二刻以下为亲,四刻以下为近,五刻以上为远;推算食分以一分以下为亲,二分以下为近,三分以上为远。明末清初的民间天文学家王锡阐则提高到"食分求合于秒,加时求合于分",并且每遇日食,必以自己的观测结果与计算结果相比较,当二者不一致时,一定要找出原因;而一致时,犹恐有偶合之缘,也还要继续研究。王锡阐的经验是:"测愈久则数愈密,思愈精则理愈出。"在人类探索自然的历史长河中,观测的时间越久,次数越多,则所得数据越精密,所建立的理论越完善。但是新的理论还要在实践中得到进一步的检验、证实、丰富和发展。王锡阐在他的《晓庵新法·序》里说:"以吾法为标的而弹射,则吾学明矣。"这种科学态度,是很值得学习的。

"笃行之"

朱熹认为,自"博学之"至"明辨之"为致知之事,"笃行"则为力行之事。在知和行的关系问题上,毛泽东认为行更重要。他在《实践论》里说:"如果有了正确的理论,只是把它空谈一阵,束之高阁,并不实行,那么,这种理论再好也是没有意义的。"(《毛泽东选集》,第1卷,269页,人民出版社,1969)竺可桢认为,欧洲近代科学的先驱者布鲁诺(Giordano Bruno)、伽利略和开普勒皆是"笃行"的榜样。哥白尼(Nicolas Copernicus)的日心地动说只是一种推想,一种理论。推翻地球中心说,掀起欧洲思想革命,全靠这几位奋不顾身的实行家。为了宣传哥白尼学说,布鲁诺被迫流浪了15年,于1591年8月被骗回国,次年5月被捕入狱,经过8年的监禁、折磨、凌辱、拷打,布鲁诺仍然坚贞不屈,最后,宗教裁判所宣布处布鲁诺以火刑。1600年2月17日火刑在罗马的百花广场上执行,当熊熊烈火从他的脚下燃烧起来的时候,布鲁诺在临终前的

最后一刹那间高喊:“烈火不能把我征服！未来的世纪会了解我,知道我的价值。”继布鲁诺之后,伽利略又写了一部大书《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,旗帜鲜明地宣传哥白尼学说。宗教裁判所又对他威胁利诱,严刑拷问,最后于 1633 年 6 月 22 日判决:把《对话》列为禁书,把伽利略关进监狱,同时要他每星期把七首忏悔诗读一遍,为期三年。但据传,当他跪着签了字,站起来的时候,仍然在喃喃自语地说:“可是,地球仍然在转动!”开普勒虽然没有遭受到布鲁诺和伽利略那样的压力,但也是终身贫穷,死无葬身之地。

中国古代没有发生过深刻的科学革命,也就没有这些可歌可泣的史实,但张衡反对图谶的斗争,祖冲之和戴法兴的辩论,也是够激烈的。1989 年 3 月王绶琯院士在中国天文学会第六次代表大会的“祝辞”中说:“我们中国的天文工作者,远溯张衡、祖冲之,近及张钰哲、戴文赛,虽然时代不同,成就不等,但始终贯串着一股‘富贵不能淫,贫贱不能移’的献身求实精神。今天,让我们继承我们民族的优良传统,在社会主义建设的号角中,团结、奋斗、前进吧!”

任何传统都有精华和糟粕两个方面。《中庸》中的这套“学→问→思→辨→行”的治学方法,就是中国传统文化的精华,它和当代科学哲学家卡尔·波普尔(Karl R. Popper)提出的方法论模式有某些相通之处。波普尔在他的《客观知识》(舒炜光等译,上海译文出版社 1987 年版)一书中,把科学进步的方法模式表述为:“问题(P_1)→尝试性解决(TS)→排除错误(EE)→新问题(P_2)”。《中庸》的“审问之”就是它的第一步,“慎思之”就是它的第二步(TS),“明辨之”就是它的第三步(EE)。相对来说,波普尔的模式还没有《中庸》的完整,收集材料(学)的过程和付诸实践的过程,他都忽略了。

周昌忠在《西方科学方法论史》(231 页,上海人民出版社,1986)中把爱因斯坦的科学认识过程表述为:“事实→概念→理论→事实”。爱因斯坦建立相对论,首先从观测事实(如迈克耳孙-莫雷实验)出发,这就是《中庸》的“学”;继而考察时间、空间、运动等基本概念,发现有问题,要建立新概念,这就是《中庸》的第二步“问”;然后建立相对论的基本原理并推导出一些结论,如光线在引力场中发生弯曲等,这就是《中庸》的第三步“思”;再把这些结论用新的观测事实来检验,那就是“辨”,愈辨愈明,信的人也就愈来愈多了。

从以上的两例可以看出,《中庸》的方法仍然是具有现实意义的。但是,作为一种哲学方法,它只能告诉你一些原则,至于如何具体运用,那就要看个人的聪明才智了。

三　《大学》的格物致知

“大学之道”

和《中庸》一样,《大学》本来也是《礼记》中的一篇,到了宋代,朱熹才把它独立成书。朱熹认为,《大学》中“经”(开头 205 个字)的部分是“孔子之言而曾子述之”,“传”的部分是“曾子之意而门人记之”。《大学》一开头说:

> 大学之道,在明明德,在亲民,在止于至善。

这是全书的纲。“明德”是一个名词,好像一颗明珠一样,是人的自然本性,即《三字经》说的“人之初,性本善”,但为气禀所拘,物欲所蔽,时常昏昧,需要揩抹使它明亮起来,这就是“明明德”,第一个“明”是动词。“亲”即新,革其旧之谓也。言既自明其明德,又当推以及人,使之亦去其旧染之污,这就是“新民”,“新”为动词。不管是“明明德”,还是“新民”,皆当“止于至善”,即做得恰到好

处,无过犹不及。这三句话就是15岁以上的成年人在大学里所要学习的大道理。

为了实施这个总纲,《大学》"经"的部分接着又提出了八个目,即:格物、致知、诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下。前五个属于"明明德",即自我修养部分,为本;后三个属于推己及人部分,为末。这八个目的关系是:

> 古之欲明明德于天下者,先治其国;欲治其国者,先齐其家;欲齐其家者,先修其身;欲修其身者,先正其心;欲正其心者,先诚其意。欲诚其意者,先致其知;致知在格物。
>
> 物格而后知至,知至而后意诚,意诚而后心正,心正而后身修,身修而后家齐,家齐而后国治,国治而后天下平。
>
> 壹是皆以修身为本。

《大学》"经"中的这些话,在古代知识分子中是家喻户晓,现在也还广为流传。1987年周谷城先生为中国科学院自然科学史研究所的题词就是:

> 物有本末,事有终始;知所先后,则近真(原为道字)矣。古人所说,止于如此。今之进步,未有已时。

而"大学之道,在明明德,在亲民,在止于至善"则至今仍挂在深圳大学的会议室里。

"传"的部分共分十章。第二章《释新民》,引汤之《盘铭》曰:"苟日新,日日新,又日新。"引《康诰》曰:"作新民。"引《诗》曰:"周虽旧邦,其命维新。"全篇充满创新精神。我国核物理学家、制造原子弹的总指挥彭桓武院士,曾把当年的"攻关"经验概括为:

> 日新、日新、日日新。
>
> 集体、集体、集集体。

可见《大学》精神的威力,中国传统文化不可丢。

"物格而后知至"

第五章《释格物、致知》,原本没有,朱熹补写如下:

> 所谓致知在格物者,言欲致吾之知,在即物而穷其理也。盖人:心之灵莫不有知,而天下之物莫不有理,惟于理未有穷,故其知有不尽也。是以《大学》始教,必使学者即,凡天下之物,莫不因其已知之理而益穷之,以求至乎其极。至于用力之久,而一旦豁然贯通焉,则众物之表里精粗无不到,而吾心之全体大用无不明矣,此谓物格,此谓知之至也。(《四书章句集注》,6—7页,中华书局,1983)

《大学》讲的本来都是诚意、正心、修身、齐家、治国、平天下的大道理,属于社会科学,经朱熹这么一解释,却和自然科学发生了关系,而且自然科学成了最基本的东西。在这方面,《朱子语类》卷15《大学二·经下》和卷18《大学五·或问下·传五章》有许多论述,现在我把它概括成以下六点(以下所注页码均为中华书局1986年版):

第一,《大学》中的八个条目不是并列的,其中"致知"和"诚意"是最关键的。致知为知之

始，诚意为行之始。前者为梦与觉之关，后者为恶与善之关。物格、知至，做起事来就是一种自觉行为；否则，糊里糊涂，好像在梦中一样，做对了，也只是黑地上白点。诚意是最紧要的一关，如意不诚，心不正，那就是小人、是鬼，什么事情也甭做了。

第二，“致知在格物。物格而后知至。”前一个“致”，是扩充，是求知识的意思。后一个“至”，是已至，表示已经得到了知识。格物，只是就事上理会；知至，便是心里彻底弄明白了。格物是下手处，知至是弄明白了。例如，手里拿一个铁片，本来也可以割东西，但经过研究（“格物”），如磨得锋利，就割得快，若将割的对象再研究清楚，那就和庖丁解牛一样，迎刃而解了。

第三，朱熹说：“天下之事，皆谓之物，而物之所在，莫不有理。且如草木禽兽，虽是至微至贱，亦皆有理。”（295 页）又说：“万物之荣悴与夫动植大小，这底是可以如何使？那底是可以如何用；车之可以行陆，舟之可以行水，皆所当理会。”（395 页）有学生问：“物必有理，皆所当穷？”朱熹回答说：“学者须当知夫天如何而能高，地如何而能厚，鬼神如何而为幽显，山岳如何而能融结，这方是格物。”（399 页）受当时认识水平的局限，朱熹虽然还谈到鬼神，但他把人们的视线引到自然界来，这是一个很大的进步。

第四，格物要“合内外之理”。朱熹说：“自家知得物之理如此，则因其理之自然而应之，便见合内外之理。”他举例说，“草木春生秋杀，好生恶死，‘仲夏斩阳木，仲冬斩阴木’，皆是顺阴阳道理。自家知得万物均气同体，‘见生不忍见死，闻声不忍食肉’，非其时不伐一木，不杀一兽，‘不杀胎，不夭夭，不覆巢’，此便是合内外之理”（296 页）。人不但要认识自然，还要顺应自然和保护生态，这是朱熹格物思想中的又一光辉之点。

第五，有人问朱熹，“格物是最难事，如何尽格得？”他回答说：“程子（即程颐，号伊川先生）谓：‘今日格一件，明日又格一件，积习既多，然后脱然有个贯通处’。某尝谓，他此语便是真实做工夫来。他不说格一件后便会通，也不说尽格得天下物理后方始通。只云：‘积习既多，然后脱然有个贯通处’。”（392 页）朱熹打比喻说：“今日既格得一物，明日又格得一物，工夫更不住地做。如左脚进得一步，右脚又进一步；右脚进得一步，左脚又进；持续不已，自然贯通。”（第 392 页）做学问就得这样按部就班地做，而且马虎不得，要一步一个脚印。每格一物，都要“表里精粗无不尽，而吾心之分别取舍无不切”。他说：“有一种人只就皮壳上做工夫，却于理之所以然者全无是处；又有一种人思虑向里去，又嫌眼前道理粗，于事物上都不理会。”他认为这两种人“都是偏，故《大学》必欲格物、致知到物格、知至，则表里精粗无不尽。”他又说：“四方八面都见得周匝无遗，是谓之表；无一毫之不尽，是谓之里。”（324—325 页）这就是说，做学问既要从宏观上把握，又要从微观上把握；既要注意理论，又要注意应用。

第六，格物是随事理会，还是有计划地安排？朱熹的回答是：“格物便要闲时理会，不是要临时理会。闲时看得道理分晓，则事来时断置自易。格物只是理会未理会得的，不是从头都要理会。如水火，人自是知其不可蹈，何曾有人错去蹈水火！格物只是理会当蹈水火与不当蹈水火，临事时断置教分晓。”（393 页）“若理会不得时，也须临事时与尽心理会。十分断制不下，则亦无奈何，然亦岂可道‘晓不得’后，但听它！”（394 页）这就是说，平时要对各种事物一件件地进行研究，免得临时抱佛脚。平时没有研究的，临时也要研究、判断，实在判断不了的，事后也得再研究。

“致知在格物。物格而后知至”，这两句话在《大学》中沉睡了 1 500 多年，到宋代理学家才开始注意，而朱熹做了如此丰富的发挥，这不能说不是一个奇迹。这奇迹的出现又是有历史必然性的。恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》（中译本，17 页，人民出版社，1972）里说：

在从笛卡儿到黑格尔和从霍布斯到费尔巴哈这一长时期内,推动哲学家前进的,决不像他们所想象的那样,只是纯粹思想的力量。恰恰相反,真正推动他们前进的,主要是自然科学和工业的强大而日益迅速的进步,在唯物主义者那里,这已经是一目了然的了……

格致与科学

中国科学史上里程碑式的人物沈括恰恰比朱熹早一百年,而沈括已在用《中庸》中的治学方法了。他在《答崔肇书》中说:

虽实不能,愿学焉。审问之,慎思之,笃行之,不至则命也。

朱熹抬高《中庸》和《大学》的地位,乃是当时自然科学发展的结果。另一方面,朱熹把格物致知突出出来以后,又提高了人们认识物质世界的自觉性,促进了科学的发展。宋代朱中有认为自己研究潮汐就是格物,王原斋和叶大有认为植物学是格物。金代宋云公认为医学是格物,刘祁认为本草学是格物。元代四大名医之一朱震亨干脆把自己的医学著作名为《格致余论》。明朝皇帝朱元璋在和侍臣们讨论日月五星的左旋、右旋问题时,也说是在格物。明代大科学家李时珍和宋应星在写《本草纲目》和《天工开物》的时候,也都认为自己是在格物,所以到徐光启和利玛窦合译欧几里得《几何原本》时,就自然而然地把传统文化中的格物致知和西方的自然科学联系起来了。1607 年徐光启在《刻〈几何原本〉序》中说:

顾惟先生(指利玛窦)之学,略有三种:大者修身事天,小者格物穷理;物理之一端别为象数,……而余乃亟传其小者。(《徐光启集》,上册,75 页)

1612 年,他在《〈泰西水法〉序》中指出天主教可以补儒易佛,并说:

其绪余更有一种格物穷理之学。凡世间世外,万事万物之理,叩之无不河悬响答,丝分理解。……格物穷理之中,又复旁出一种象数之学。象数之学,大者为历法,为律吕,至其他有形、有质之物,有度、有数之事,无不赖以为用,用之无不尽巧极妙者。(《徐光启集》,上册,66 页)

由此可见,徐光启把利玛窦带来的学问分为两大类,一种为修身事天之学,一种为格物穷理之学;格物穷理之学中有一分支为象数之学,包括历法、音律和数学。这是中西文化的第一次沟通,从中可以看出西方学科分类的影子,却没有远离中国传统文化。

格物穷理本来就与格物致知是一回事,“格物穷理之学”的新意也就被赋予了格物致知的缩写“格致”。此后,格致一词除在少数情况下因袭传统的意义之外,多数情况下都与西方科学有关。明末熊明遇的《格致草》、高一志(又名王丰肃)的《空际格致》和汤若望的《坤舆格致》等都是这类书籍。

鸦片战争以后,再一次掀起向西方学习的高潮。1853 年王韬与新来的传教士艾约瑟(Joseph Edkins)合译《格致西学提纲》,向国人介绍西方科学的最新成就。1861 年改革派人物冯桂芬在《校邠庐抗议·采西学议》中,缕述了中国古代典籍中有关广采天下之学的记载,强调

自明末和鸦片战争以后传入的西学中,“如算学、重学、视学、光学、化学,皆得格物至理。”这样,西方的自然科学,就在冯氏高扬传统文化的旗帜下,作为“格物至理”被重视起来。两年后,他替李鸿章草拟创办上海广方言馆奏稿,这一主张又变成了李鸿章的主张,影响更大。

在李鸿章的影响下,中外人士合办的格致书院于1866年在上海成立,该院除招收学生进行授课外,还举办展览和卖书。另有两项活动影响深远。一是自1866年起实行“考课”,由李鸿章、刘坤一、盛宣怀(交通大学创建者)等社会名流出题,院内外士子、官绅皆可应考,得名次者可以获奖,并选择优秀文章辑成《格致书院课艺》出版,广为流传,这是很好的一份近代科学史资料。一是书院外籍董事傅兰雅(John Fryer),自费创办了一份杂志《格致汇编》,坚持15年之久(1876—1890)。这份刊物的英文名称叫“The Chinese Scientific and Industrial Magazine”,在这里,“格致”是科学和技术的总体,也就是我们今天说的“科技”。但是,与此同时,北京同文馆的教习丁韪良(W. A. P. Martin)编译了一本《格物入门》,此书的译名却是“Natural Philosophy”,这里“格物”对应着“自然哲学”,也就是纯自然科学。另外,还有把“格致”专指物理和化学的,如鲁迅在《呐喊·自序》中谈到南京江南水师学堂时说:“在这学堂里,我才知道在这世界上,还有格致、算学、地理、历史、绘画和体操。”更有把“格致”单指物理学的,如《清会典》中说:“凡格物之学有七:一曰力学,二曰水学,三曰声学,四曰气学,五曰火学(即热学),六曰光学,七曰电学”,这都在现在的物理学范围之内。

名词涵义如此不同,在西学引进的初期在所难免,到1902年才开始统一起来。这一年发生了两件事,一是该年梁启超在《新民丛报》第10号、第14号上发表了《格致学沿革考略》,在“导言”中说:

> 学问之种类极繁,要可分为二端。其一,形而上学,即政治学、生计学(经济学)、群学(社会学)等是也。其二,形而下学,即质学(物理学)、化学、天文学、地质学、全体学(人体解剖学)、动物学、植物学等是也。吾因近人通行名义,举凡属于形而下学者皆谓之格致。(《饮冰室文集》之十一,4页,中华书局影印本,1989)

同年,清政府参照日本的教育体制,提出了壬寅学制的构想,次年做了修改,又称癸卯学制。在这个新学制中,大学堂的格致科,下设六学门,分为算学、物理学、星学(天文学)、化学、动物学、地质学;另设农、工、医各科与格致科并列。至此,关于知识的分类系统,也就和今天国务院学位委员会的分法差不多了。

将“格致科”改为“理科”则是辛亥革命以后的事。这个名词是从日本引进来的,但实质上是出口转内销。格物致知也叫格物穷理或即物穷理,在朱熹的心目中是一回事。17世纪意大利传教士艾儒略(Giulio Aleni)来华后,撰《西学凡》一书,介绍当时欧洲大学的六门课程,按艾氏译法为:文科、理科、医科、法科、教科、道科(神学)。六科各用一个汉字,从“格物穷理”中取出一个理字来,可谓恰到好处。当时在欧洲,“science”一词尚未出现,科学还包含在哲学(philosophia)中。艾儒略把philosophia译成“理”也很自然。朱熹的“格物穷理”,所谓物,既包括自然现象,也包括社会现象。现在有人拿中国没有“科学”一词,来说中国古代没有科学,是毫无道理的。science一词,1830年左右才出现,按照这些人的说法,那就在此之前欧洲也没有科学了,伽利略、牛顿也不是科学家,岂不成了笑话!研究问题还是应该从实际出发,不应该从概念出发,这也是一个方法问题。

四 《孟子》的民本和求故

1995年7月22日上海《文汇报》第5版有一篇杨振宁先生7月18日在上海交通大学向500多名学生谈治学经验的报道，题为《现身说法诲莘莘学子，纵说中西启国人学思——杨振宁与上海大学生谈治学之道》，其中说：

> 1933年，我小学毕业，进入北平崇德中学。当时，有一件事情对我是很重要的。我父亲是教数学的（按：即清华大学数学教授杨武之，是熊庆来和华罗庚的老师），他发现我在数学方面有一些天才。1934年夏天，父亲决定请一个人给我来补习，但他不是来补习我的数学，而是给我讲习《孟子》；第二年，又念了半个夏天，我可以把《孟子》从头到尾背诵出来了。现在想起，这是我父亲做的一个非常重要的事情。一个父亲发现自己的孩子在某一方向有才能时，最容易发生的事情，是极力把孩子朝这个方向推。但当时我的父亲却没有这样做。他却要我补《孟子》，使我学到了许多历史知识，是教科书上没有的。这对我有很大意义。

杨振宁从《孟子》中得到什么教益，他没有说。据我的理解，《孟子》是中国传统文化中最具有科学精神和民主精神的一本书。

近代科学和近代民主是同时发展起来的，希腊的科学与希腊的民主之间的关系，也有很多人讨论过。但中国古代的科学与民主之间的关系，却从来没有人问津。也许有人会说，中国古代根本没有民主，有什么可以讨论的。那么，我要问希腊有没有民主？所谓"雅典式的民主政治"，只是极少数"自由民"的民主权利，其方式和今天的三权分立，普及、公开、为全民所享有不同。就是这一点点的初级民主，也被柏拉图（Plato）、亚里士多德（Aristotle）和中世纪的经院哲学家们所反对。英国科学哲学家卡尔·波普尔的《开放社会及其敌人》，就将柏拉图列为专制政权的开山祖师。亚里士多德在其《政治学》中将政体分为六类，他认为"demokratia"（民主政体）的极端为暴民政体，是最堕落的政体。可以说，直到17世纪以前西方只有反民主的传统。现代的民主制度是工业革命的产物，而非根源于西方传统文化。在传统与现实之间，是现实决定着传统之中断或保留，现实的需要是产生新事物的强大的推动力。

李约瑟（Joseph Needham）惊奇地发现，"对于公元16、17世纪时欧洲神学家们所争辩的[人民]是否有'反抗非基督教君主'的权利，早在2000年前儒家就已有了定论。"《春秋》本文中所记36例君主被杀的事件，"有的称做'被弑'（含有杀人者有罪之意），另一些称为'被杀'（含有杀人的行为合法之意）。杀人的行为之所以被认为合法，是因为儒家思想中有着民主思想，认为君主（后来则是帝王）的权力主要来自体现了天命的人民的意志。过了大约100年以后，儒家的伟大使徒孟子对此大有发挥。"（李约瑟：《中国科学技术史》第二卷《科学思想史》，中译本，9页，科学出版社、上海古籍出版社，1990）

孟子说："民为贵，社稷（国家）次之，君为轻。"（《尽心（下）》）他认为人民是主体，是根本，根据人民的意愿，政体（社稷）和君主都可以改变。杀一个坏的君主，和杀一个普通人一样，"闻诛一夫纣矣，未闻弑君也"（《梁惠王（下）》），"君之视臣如土芥，则臣视君如寇仇"（《离娄（下）》），"君有大过则谏，反复之而不听，则易位"（《万章（下）》）。正是《孟子》思想中这些闪闪发光的部分刺痛了明代大独裁者朱元璋，他气急败坏地说：此老如活到今日，也应该杀头。他下令翰林学士刘三

吾将《孟子》大砍大删，于洪武二十七年(1394)编成《孟子节文》，以上所引的句子全被删掉，被删掉的总字数占全书的46.9%。通过这些被删的部分，正好可以看出《孟子》的民主精华。

朱元璋除下令删节《孟子》外，又大杀旧臣，废宰相制，兴文字狱，创建八股考试制。正是这一系列的倒行逆施，使中国科学在明代初年出现了一个低谷。研究科学与民主的关系，这应该是一个很好的案例。

孟子的民本思想，当然和近代的民主不是一回事，但很接近。他要向君主提意见，要变更君主，那就得有大无畏精神，所谓"富贵不能淫，贫贱不能移，威武不能屈，此之谓大丈夫"(《滕文公(下)》)，就是他的豪言壮语。把这个精神应用到科学研究上，那就要求真、求故。他说："天之高也，星辰之远也，苟求其故，千岁之日至(冬至、夏至)可坐而致也。"(《离娄(下)》)汉代枚乘《七发》中曾说"孟子持筹而算之，万不失一。"这句话也可能是有根据的。不管孟子本人会不会进行天文计算，他的"苟求其故"这句话，作为方法论，对后世是很有影响的。金元之际的大数学家李冶就很强调"深求其故"(《敬斋古今注》)，力主"推自然之理以明自然之数"，寻求事物数量之间的"所以然"，创建了"天元术"(列方程之法)，从而使中国数学发展到了一个新的高峰。

徐光启在把中西科学进行对比以后，发现中国古代科学往往缺乏严密的理论体系。他说："孟子曰：'苟求其故'。……故者，二仪七政，参差往复，各有所以然之故。言理不言故，似理非理也。"(《简平仪说·序》，见《徐光启集》，上册，73页)他把"言故"、"辨义"和"明理"作为科学研究的重要任务，强调"一言一法，必深言所以然之故"，要求"一一从其所以然之故，指示确然不易之理"。这可说是对孟子"苟求其故"方法的发挥。

王锡阐继承了徐光启的这一思想，他在《历策》一文中说："古之善言历者有二：《易·大传》曰：'革，君子以治历明时。'子舆氏曰：'苟求其故，千岁之日至，可坐而致。'历之道主革，故无数百年不改之历；然不明其故，则亦无以为改历之端。……今欲知新法之非，须核其非之实；欲使旧法之无误，当厘其误之由；然后天官家言，在今可以尽革其弊，将来可以益明其故矣。"

1859年李善兰在为约翰·赫歇尔(John Frederick William Herschel)《谈天》(原名《天文学纲要》)中译本写的"序"中说："古今谈天者莫善于子舆氏'苟求其故'之一语，西士盖善求故也。"他一连用了三个"求其故"，把从哥白尼经开普勒到牛顿关于太阳系的结构及行星运动的认识，说得清清楚楚，认为他们的成果都是善求其故取得的。

从"苟求其故"到"善求其故"，虽然只是一字之差，但后者意识到了方法的重要性。可惜这时中国已经进入了半殖民地半封建社会，在三座大山的重重压迫下，中国人民已经很难在科学上做出一流成果了。

而今，斗转星移，神州大地，换了人间。随着综合国力的增强和经济建设的驱动，在21世纪，我国科学技术将会有个突飞猛进的发展。未来的科学也不一定总是沿着17世纪确定下来的路线前进。美国学者雷斯蒂沃(S. P. Restivo)在1979年就预言说，"从21世纪开始认识的新科学可能出现在中国，而不是美国或其他地方"(Research in Sociology of Knowledge, Science and Art. vol.2.1979.25)。当然，这个新科学就不只是一些新成就，主要是方法上有所创新。雷斯蒂沃的这个预言能否实现，就要靠我们大家了。

朋友们，共同努力啊！

〔原作为《名家讲演录》丛书之一，
上海，上海科技出版社，1999〕

Current State of Scholarship in China on the History of East Asian Science

Since August 1993 when the 7th International Conference on the History of Science in East Asia was held in Kyoto, Chinese scholars have made remarkable contributions to the studies in this field. Here I would like to brief some achievements arranged by subject.

The History of Science in Japan and Korea

More than 50 papers in this topic were published in China. Most of them deal with the scientific and technical exchange between China and Japan or Korea. Such as:

1. "Sino – Korean Exchange of Cartography in History" by Wang Qianjin in *China Historical Materials of Science and Technology* (CHMST) 15(1) (1994).
2. "Comparison of the Ancient Constellations between China and Korea"by Pan Nai in *Studies in the History of Natural Sciences* (SHNS) 15(1) (1996).
3. "On the Exchange of Physics between China and Japan during Early Modern Times" by Wang Bing in SHNS 15(3) (1996).
4. "Abolishment, Persistence and Rehabilitation of kanpo Medicine during the Meiji Reform and its Influence on China" by Jin Shiying in *Chinese Journal of History of Medicine* 23 (1) (1993).

But there are also excellent studies of the history of science in Japan and Korea. For example, Two papers by Shen Kangshen on Seki Nikakazu have been translated into Japanese. The first is "Qin Jiushao's General Solution of *Dayan* Problems and Seki's Corresponding Solution" in the Japanese Journal, *Studies in the History of Mathematics* 109 (1986), 1 – 23; the second is "Seki Nikakazu and Li Shanlan's Power and Formula of Natural Numbers", *ibid*. 115 (1987), 21 – 36. Moreover, in 1993 he published "A Typical Case Study of Seki's Solution to Equations of Higher Degree". He points out that when he inquired into the relations between the lengths of n-regular polygons with the radii of their inscribed circles and circumcircles where n = 3, 4, ... 20. Seki correctly arranged and numerically solved the equations of higher degree even to 18. Letting the side of regular polygon be 1, to calculate r, the radius of the inscribed circle, and R, the radius of the circumcircle, Seki obtained the results to 9 decimal places. Among 36 figures mistakes were made only once at the last three places, 3 times at the last two and 11 times at the last one. The accuracy is very satisfactory.

We hosted the Second International Conference on the History of Oriental Astronomy at

Yingtan, Jiangxi Province, in October of 1995, the first of which was sponsored by Professor Nha II - Song at Yonsei University, Seoul, in October 1993. The Third International Symposium on theHistory of Mathematics and Mathematical Educations Using Chinese Characters was held at Inner Mogolia Normal University, Huhehot, 22—24 July, 1996.

Compilation of Sources

A *General Collection of China's Books and Records on Science and Technology*, which will be of great service to researchers both in China and abroad, was published by Henan Education Press. It consists of 10 volumes in 51 parts, together amounting to 500 000 words. Arranged according to discipline, each volume—such as agriculture, astronomy, biology, chemistry, etc. —begins with a long article devoted to its development in China, and an abstract with 500—5000 words in front of each document, such as *Zhoubi Suanjing* (The Arithmetical Classic of the Gnomon and the Circular Paths).

The *General Collection of China's Books and Records on Science and Technology* consists only of reprinted ancient books. *Zhonghua dadian* (A Comprehensive Collection of Chinese Classified Works from Pre-Qin to Late Qing Dynasty) is being compiled. Like *Gujin Tushu Jicheng* (Collection of Books Ancient and Modern), it is divided into 21 *dian* (sections) and over 90 *fendian* (sub-sections), among which 28 belongs to science and technology. They are:

1. Section of mathematics, physics and chemistry (3 sub-sections, 20 million words);
2. Section of heaven and earth sciences (4 sub-sections, 15 million words);
3. Section of biology (3 sub-sections, 15 million words);
4. Section of medicine, pharmacy and health (3 sub-sections, 50 million words);
5. Section of agriculture and water conservancy (7 sub-sections, 40 million words);
6. Section of industry (5 sub-sections. 40 million words);
7. Section of transportation (3 sub-sections, 10 million words).

The *Comprehensive Collection* amounts to 700 million words, and is expected to be completed by 2010. If one were to read 100 000 words every day, it would take 20 years to finish reading it!

A new series of International Symposia on Ancient Chinese Classics of Science and Technology began in August 1996 at Zibo, Shandong Province; the first was devoted to *Kaogongji* (Artificer's Record). About 30 papers were presented at this Symposium.

Traditional Crafts

Chinese historians of science also pay attention to traditional crafts, a series of books on which is being prepared. It includes 16 volumes: (1) introductory orientations, (2) weaving and dyeing, (3) making wine, vinegar, etc., (4) constructing, (5) machine, (6) ceramics, (7) metal craft, (8) fine gold and silver workmanship and *cloisonn'e* enamel, (9) sculpture, (10) paper-making and printing, (11) the process of preparing Chinese pharmacy, (12) furniture,

(13) lacquering, (14) repairing and identifying of relics, (15) folk handicraft, and (16) famous craftsmen through the ages. All of them will be published in two groups by 2000.

Chinese historians not only aim to write these books, but also to launch a tide of propaganda to protect the traditional crafts and to make the work legitimate. According to statistics in the early 1990's, in Japan there were 36 nationally important traditional crafts and 36 national craftsmen. In 1991 Japanese funds for protecting traditional crafts amounted to 6.5 billion yen. We would like to learn from the Japanese example of protecting traditional crafts.

History of Science of National Minorities

The Chinese nation includes over 50 national minorities. From 1992, to the present, three International Conferences on the History Science and Technology of National Minorities in China were held (1st, Huhehot, 25—31 July 1992; 2nd, Yanbian, 14—17 August, 1994 and 3rd, Kunming, 7—11 August 1996). Many of their books on science, technology and medicine have been translated into Chinese, such as *Four Canons of Medicine* of the Zang (Tibetan) nationality, *Astronomical Principle* from the Mongolians, *On Cosmology and Humanity* from the Yi nationality, *Water Book* from the Shui living mostly in Guizhou Province, and *An Outline of Calendar and Astrology* from the Dai living in Yunnan Province.

In addition to the translation of the original documents, we are organizing to write a series of monographs on their history of science and technology, consisting of 11 volumes: (1) general history, (2) astronomy and calendars, (3) mathematics and physics, (4) chemistry and chemical industry, (5) geography, water conservancy and shipping, (6) medicine, (7) metallurgy, (8) spinning and weaving, (9) machines, (10) farm machines, (11) architecture. Six volumes will appear this year.

Traditional East Asian Culture and the Frontiers of Modern Science

For the sake of making the past serve the present, in June of 1996, the 58th Xiangshan (Fragrant Hill) Science Conference sponsored by the State Science and Technology Commission of China and the Chinese Academy of Sciences will focus its topic on the relationship between East Asian culture and the frontiers of modern science. Academician Chen Shupeng and I chair the conference. All of the 35 participants show that East Asian culture are able to make contributions to the development of modern science in four respects.

The first is the role of the system of thought in the integrative trend of modern science. The development of modern science during the past 400 years has established an enormous analytical system and gained great achievements in the study of nature. Yet it has shortcomings. It is necessary to develop the study of synthetical, nonlinear, complex and open systems, and it is in this respect that East Asian culture has its superiority. Nobelist I. Prigogine, the founder of the dissipative structure theory, has said: "We are heading towards a new synthesis, a new naturalism. Perhaps we will eventually be able to combine the western tradition, with its emphasis on quanti-

tative formulation, with a tradition like the Chinese one, centered towards a view of a spontaneous self-organizing world." German physicist H. Haken, the founder of synergetics, has also said that synergetics is deeply connected to Chinese integrative thinking. Although Aristotle said, "the whole is greater than the part," Westerners always forget this teaching when they analyze a concrete problem. Working from an organic conception of the body, which views the various parts as forming an organic whole, Chinese medicine successfully prevents and cures diseases. In this sense it is superior to Western medicine.

The second is that the notion that the heaven and man are integrated which facilitates the solution of the problem of "environment and development" and leads to the harmonious coexistence of mankind and the environment and the sustainable development of human society. Early in the Zhou dynasty the government appointed officers to manage the affairs concerning the mountains, forests, rivers and lakes. The government also issued laws forbidding people from cutting down trees or grasses and catching beasts, birds, fish and shrimp out of season. The philosopher Han Fei (c. 280 B.C. —233 B.C.) discovered that the expansion of population would bring social problems. He said: "If everybody bears five sons and every son bears five sons again, the grandfather has 25 grandchildren when he is still alive. Thus the people will be too many and the wealth and goods too poor, then there will be conflicts between people, and the society is difficult to avoid disorder." Han's ideas preceded T.R. Malthus' population theory (1798) by more than 2000 years. Hence form the history of East Asia we can learn a lot about sustainable development. *A Draft for the History of Environmental Protection in China* by Luo Guihuan *et al*. (1995) is worth reading.

The third is that the historical records on natural phenomena provide modern science materials which make it possible to extent the study of some modern observed phenomena "backward" over an extremely large time span. A recent example is the investigation of the history and status of heavy rock avalanches and landslides in the Three Gorges Area. This project, undertaken by the Research Chamber of the History of Water Conservation and the Academy of Water Conservation Science of China, is an indispensable part of the preparatory work for the trans-century Three Gorges project. Researchers consulted the historical records and geological prospecting data accumulated in the past 1800 years, and successively conducted site investigations three times. Based on these preparations, they formulated a corresponding historical model of this area and put forward a feasibility report. This report presents the segments of the River where heavy rock avalanches and landslides occurred massively during the past 2000 years as well as the periods and seasonal variation rules of such massive occurrence. According to this report, the most serious cases only resulted in short-term blockage of the River without the formation of a year-long barrage of accumulated rocks. It is also demonstrated in this report that the rock avalanches occurring at Huanglashi and Xintan respectively in Zigui county and Badong county of Hubei Province are the largest in scale and hence the most serious and potentially harmful. Such rock avalanches, therefore, should be prevented by means of barricades which would not restrict the construction of the Three Gorges Project. And thus, for similar geological disasters that are likely to take place in the Three Gorges Area, this report is a dependable reference for the geo-

graphical distribution, inductive factors, the possible scale and frequency. It also provides a scientific basis for the prediction of the influences of possible disasters on engineering construction, future operation, the safety of nearby towns and safe navigation. It is shown here that the "Historical Model" has brought us the results that could not be obtained via theoretical analyses and calculations based on geological theories.

The fourth is to view traditional science as a gene from which modern science can be deve loped. A practical example is the success in the machine proof of geometrical theorems by Academician Wu Wenjun on the inheritance of traditional Chinese mathematics.

"Mechanization" was proposed with reference to "axiomatization". The idea of axiomatization originated in ancient Greece. Euclid's *Elements* – the representative work in this realm—constructs a logical deduction system composed of definition, axioms, and theorems. In ancient China, mathematical works since the Han Dynasty (206 B. C. —220 A. D.) ushered in other types of expressions, with the monograph *Nine Chapters of Arithmetics* as the main representative of this period. This book consists of nine parts (chapters), devoted to 246 practical problems. In each part, a general algorithm is summed up after presenting specific questions of the same category. By this relatively mechanical algorithm, there will be limited and definite choices for the next step after each step forward. By advancing along such a regular and inflexible route, the conclusion is reached. This way of doing things, however, is precisely in accordance with the programmed operaion of computers. Using the root-extraction method by successive multiplication and additions and the method of solving equations with positive-negative coefficients which were developed during the Song (960—1279) and Yuan (1271—1368) Dynasties, Wu programmed a microroutine on a Model HP25 pocket calculator with only eight storage cells. With this program, the calculator can solve even quintic equations and the solution accuracy can be predetermined arbitrarily.

Another characteristic of the mathematical development during the Song and Yuan Dynasties is the transformation of many geometrical questions to solve algebraic equations or equation sets (analytic geometry that was developed later in the 17th century by Frenchman R. Descartes deals with said questions in just the same way). Following from this was a concept analogous to the modern concept of polynomials and its relevant algebraic approaches, i. e. the rules for polynomial operations and the method of elimination of unknowns. Based on his solid foundation of geometry and topology, Wu represented the geometrical problems by algebraic means which assimilate the two major characteristics of mathematics during the Song and Yuan Dynasties. He then put forward a complete set of feasible algorithms for solving algebraic equation sets in order to apply them to a computer. This drive first succeeded in the machine proof of geometrical theorems, followed by these algorithms' expansion in differential geometry in 1978. In 1983, Zhou Xianqing, a young visiting scholar, then studying in the United States, presented Wu's method at the Pan-America Symposium on the Machine Proof of Theorems, proving in one vigorous effort more than 500 geometrical theorems of a higher degree of difficulty using his self-programmed software. This caused a sensation throughout the international academic world. J. S. Moore stated that the mechanization of the proof of geometrical theorems had been in the dark before Wu's

work. However, not resting on his laurels, Mr. Wu says, "We should continue to carry forward the distinguishing mechanization feature of traditional ancient Chinese mathematics, and explore in various branches of mathematics to seek approaches to the realization of a machine proof, since we know the establishment of mechanized mathematics is a task that would have only been filed on the whole by the end of the 21st century."

As mentioned above, we can see that it is very useful for modern science to study the history of science in East Asia. We do hope to gain more achievements in the next three years.

[This paper was published in *Current Perspectives in the History of Science* (A Selection of papers presented at the 8th International Conference on the History of East Asia, 26—31 August 1996, Seoul, Korea), Seoul National University Press, 1999.]

“五星错行”与夏商分界

《今本竹书纪年》里有一段记载：

(夏桀)十年，五星错行，夜中星陨如雨，地震，伊、洛竭。

这里的“星陨如雨”(流星雨)和“地震”为后世常用词汇，只有“五星错行”一词，别的文献中再没有过，颇令人不解。有人将它改为：

十五年，星错行，夜中星陨如雨。

这样，就成为流星雨一件事的描述了。但这样的改法是没有什么道理和根据的。

1982年班大为(D.W. Pankenier)在《商代和西周的天文纪录》一文(见 Early China，1982 (7):.2—37)中提出，“五星错行”是发生在公元前1576年11—12月间的一次特殊的五星聚，五星最近时彼此相距在8°以内，但由于太阳在五星之间移动，五星无法同时看见。

为了弄清班大为所说的特殊的五星聚，我们先从斯塔尔曼(W.D. Stahlman)和金格里奇(O. Gingerich)合著的《太阳五星黄经表》(Solar and Planetary Longitudes for year －2500 to＋2000)中将公元前1576年11—12月间的太阳和五星位置取出，见表一。

表　一

月　　日	太阳	水星	金星	火星	木星	土星
11月7日	213°	227°	224°	206°	227°	234°
11月17日	223°	242°	237°	213°	229°	236°
11月27日	233°	252°	250°	221°	231°	237°
12月7日	243°	248°	262°	228°	234°	238°
12月17日	253°	236°	275°	236°	236°	239°
12月27日	264°	239°	287°	244°	238°	241°

表中未列黄纬，五大行星的黄纬变化很小，变化最大的是水星，在±7°之间，与五星聚合没有多大关系。要了解五星聚会，关键是黄经。设行星的黄经为ℓ，太阳的黄经为$\ell_{\odot}$，则

(1) ℓ与$\ell_{\odot}$相近，二者之差小于15°时，设行星在合附近，不能看到；

(2) $\ell<\ell_{\odot}$时，行星在太阳之西，表现为晨星，黎明前见于东方；

(3) $\ell>\ell_{\odot}$时，行星在太阳之东，表现为昏星，夕见于西方。

根据这三条原则，来阅读表一，就可以知道：11 月 7 日时，五大行星聚集在 28°范围内 ($\ell_{土}-\ell_{火}=234^\circ-206^\circ=28^\circ$)，可以说是“五星聚”；但 $\ell_{\odot}-\ell_{火}=213^\circ-206^\circ=7^\circ<15^\circ$，火星看不见；只有水、金、木、土四星为昏星，能同时看见。到 11 月 27 日时，火星仍然看不见，木星和土星也不见了，只有水星和金星仍然是昏星，但水星即将开始逆行(黄经减小)，不久也要消失于阳光中。12 月 7 日，水星、木星和土星都看不见，金星依然是昏星，火星则成为晨星。到 12 月 17 日，水、火、木都是晨星，而且三者连成一条直线(经度全同，纬度不同)，土星只在这条直线的东边 3 度，也是晨星，但金星依然是昏星，而且日落以后一个半小时才下山。

我叙述的这些过程，若用美国 ARC 软件公司出的“Dance of the Planets”(行星跳舞)演示则很生动，这里用文字可以简单地归结为表二。在表二中，打叉的表示看不见，不做任何符号的表示昏见。用方括号的表示晨见。

表　二

11月7日	水	金	~~火~~	木	土
11月27日	水	金	~~火~~	~~木~~	~~土~~
12月7日	~~水~~	金	[火]	~~木~~	~~土~~
12月17日	[水]	金	[火]	[木]	[土]

班大为认为表二中五星这一错综复杂的变化过程就是“五星错行”，而且按《今本竹书纪年》中的夏桀在位 31 年计，由此得出商代成汤元年为公元前 1554 年。

黄一农(文见 Early China，1991(15))和徐振韬(文见《夏商周断代工程简报》，1999(49)都不同意班大为的这种看法。五个行星不能同时看见，怎么能算五星聚？班大为的设想，恐怕只有 20 世纪有了计算机的人才能想像出来。3 500 多年前的夏代既没有系统的天文观测，更难从理论上算出把太阳夹在中间五星聚。

徐振韬认为，“五星聚”是指五星聚于一舍(范围在 15°以内)，“五星错行”则是五星不聚于一舍，而是排成较长的一列，超出一舍。他并且找出公元前 1535 年 3 月 9 日五星散列于太阳之东，在胃、昴二舍中相距 21°，并由此得出商朝的开国年份为公元前 1513 年。

查斯塔尔曼和金格里奇的书，公元前 1535 年 3 月 7 日太阳和五大行星的位置为：

太阳	水星	火星	土星	金星	木星
333°	353°	2°	10°	15°	15°

木星与水星之间的距离为 $(360^\circ+15^\circ)-353^\circ=22^\circ$，确如徐振韬所云，而且离太阳最近的水星和太阳也相差 20°，五大行星都能在黄昏看见，确是壮观，能给人以深刻的印象。

但是，有一个问题，若把“五星聚”定义在 15°范围以内，则在公元前 2000 年以内只有 4 次：

公元前 1953 年，<4°

公元前 1198 年，<11°

公元前 1059 年，<7°

公元前 185 年，<7°

若放大到 30°范围，则在公元前 2000 年内有 24 次；若再放大范围就更多，而且呈指数增加。这样一来，“五星错行”就要比“五星聚”不知多多少倍，是一种常见现象，为什么只有这一次记载呢？可见徐的说法也不能成立。

黄一农认为，“错行”很可能指的是五星的运行与推算不合。这个解释也难以圆通。第一，

这个说法也和徐振韬的一样不能解释为什么只有这一次记载，而计算与实测不符合是常有的事。第二，要作这个解释，就得承认3 500多年前的人就会五星位置推算，这显然不可能。第三，中国古代也不把行星的位置与计算不符叫做“错行”，而是叫做“盈缩”或“赢缩”。《国语·越语》（下）记载范蠡对越王说：“臣闻古之善用兵者，赢缩以为常，四时以为纪，无过天极，究数而止。”韦昭的解释是“极，至也，究，穷也。无过天道之所至，穷其数而止也。”《史记·天官书》中如下一段话可与它相互印证：

> 岁星赢缩，以其舍命国。所在国不可伐，可以伐人。其趋舍而前曰赢，退舍曰缩。赢，其国有兵，不复；缩，其国有忧，将亡。

观测位置早于计算位置曰“赢”，晚于计算位置曰“缩”。赢缩是一种误差，研究这种误差和缩小这种误差，是后来历法工作的一项重要内容，如果认为是无规律的“错行”，就不会去深究了。

结论是：《今本竹书纪年》这本书本身就不可靠，“五星错行”又只此一见，各种解释也难以成立，不可能用它来确定夏商分界。

〔原刊《夏商周断代工程简报》，第75期，1999年11月25日〕

《祖冲之科学著作校释》序

[《天文爱好者》(2000 年第 4 期)编者按] 祖冲之是我国南北朝时期杰出的数学家和天文学家,生于宋文帝元嘉六年(429),卒于齐东昏侯永元二年(500)。

祖冲之在数学方面的主要贡献是得到圆周率介于 3.141 592 6 和 3.141 592 7 之间,其精确度在当时世界上是首屈一指的。他在天文学上的贡献是编制大明历,首先将岁差引进历法,是中国历法史上的一大进步。另外他还打破 19 年 7 闰,采用 391 年中有 144 个闰月的新闰周。祖冲之是一位博学多才的科学家,在音律、文学方面颇有成就,并略通各种机械。

今年是祖冲之逝世 1 500 周年,辽宁教育出版社拟出版严敦杰先生的遗著《祖冲之科学著作校释》,席泽宗先生应邀为此书作序。我们认为这篇序写得很有新意,故在本刊发表,以飨读者。

一

达尔文在 1837 年就形成了他的进化论,1842 年用铅笔写成一个 35 页的提纲,1844 年又将它扩充到 230 页,但放在身边迟迟不肯发表。到 1858 年收到华莱士(A. R. Wallce)寄给他的一篇论文手稿,发现华莱士得到了和他同样的结论。达尔文立即把这份手稿转给地质学家赖尔(C. Lyell),建议予以发表,并声明自己把发现权的荣誉让给华莱士。后经赖尔和植物学家约瑟夫·胡克(Joseph Hooker)的妥善处理,将华莱士的论文和达尔文于 1857 年写给美国植物学家阿萨·格雷(Asa Gray)能反映其理论的一封信同时发表。后来华莱士对达尔文非常钦佩,他说:

> 我自己只是一个匆忙急躁的少年,达尔文则是一个耐心的、下苦功夫的研究者,勤勤恳恳地搜集证据,来证明他发现的真理,不肯为争名而发表他的理论。(转引自张秉伦、郑土生著《达尔文》,197 页,中国青年出版社,1982 年)

达尔文和华莱士之间这段谦虚互让的美德,一直被当做科学史上的佳话流传,我国学者胡适则从方法论的角度论述了达尔文的这一行为。

胡适认为:"做学问有成绩没有,并不在于读了逻辑学没有,而在于有没有养成'勤、谨、和、缓'的良好习惯。"(姚鹏、范桥编《胡适讲演》,第 23 页,中国广播电视出版社 1992 年版)。这四个字本来是宋朝的一位参政(副宰相)讲的"做官四字诀",胡适认为拿来做学问也是一个良好的方法:"勤"就是勤勤恳恳下苦功夫;"谨"就是严谨,不苟且,不潦草;"和"就是虚心,不固执,不武断,不动火气;"缓"就是不急于求成,不轻易下结论,不轻易发表。达尔文的进化论搁了 20 年才发表,就是"缓"的一个典型;而这四个字中,"缓"又是关键,如果不能"缓",也就不肯

“勤”,不肯“谨”,不肯“和”了。

现在奉献在读者面前的这部《祖冲之科学著作校释》也是“缓”的一个典型。严敦杰先生于1957年就完成了,直到1988年他去世之前还没有拿出来发表,其搁置时间之长比达尔文的进化论还多10年。虽然二者的成就不同,贡献不等,但其治学精神和治学方法是一样的,值得我们永远学习。

二

这本书在严敦杰逝世之后12年得以出版,又该归功于郭书春先生。郭继承了严先生的“勤、谨、和、缓”治学方法,他自己的《九章算术汇校》(1990年)就是一个典型。他在此书中给自己提出的原则是:“深刻理解古文及其数字内容,是校勘《九章算术》的基础。遇到不懂的字句,首先,不要怀疑原有的舛误,而应考虑自己是否真正弄懂了,且不强古人以就我”(第147页),充分体现了他的严谨态度,而他在书中写的1 720多条校勘记,又处处贯彻了这一精神。

郭在完成了《九章算术》的研究之后,近年来又主编《中国古代科技典籍通汇》中的《数学卷》(5册)和10卷本的《李俨钱宝琮科学史全集》,这些都是工程浩大,颇费时间,而又舍己为人的工作,没有高度的公益精神,没有勤谨和缓的良好习惯,是不愿意做的。他现在又把严先生早就完成的这部作品,加以整理,付诸出版,使大家都能看到,这又做了一件好事。我祝愿郭先生以后继续为此类工作做出贡献,同时也希望能有年轻的同志参加到整理前贤著作的行列中来。

三

今年是祖冲之逝世1 500周年,能够把他有关科学的著作汇集起来,予以校释或翻译出版,既具有纪念意义,也有现实意义。现在“中国古代无科学”的论调甚嚣尘上,而严先生在18岁时写的第一篇文章《中国算学家祖冲之及其圆周率之研究》就是对这种论调的反驳。他说:

> 近来一般人,尤其是一般高等学生,读过西洋算学后,同清朝畴人见了杜氏九术后一样惊奇起来,都似乎同声地说道:“外国人多聪明啊!西洋人怎样会想出这种奥辟的学问来呢!”且慢!且勿长他人的志气,灭自己的威风。我们的中国,有五千年文明的中国,难道没有人懂算学,没有人有这种奥辟思想吗?有的,非但仅是一个“有”罢了,并且有些算学上的定理和方法,还是我国畴人所发现的哩!……祖冲之的发现圆周率,不独在中算史上有莫大的光荣,就是在世界算学史上也占到了地位。$\pi(=3.1416)$的值,心中还以为外人所创,不料此值倒的的确确是本国货,不沾丝毫洋气。写到这里,口中禁不住地说:“中国人好聪明啊!”……为的是这样,所以有了动机来写这篇文章。(上海《学艺》,1936,15(5))

现在有人说,这样的动机是错误的,从爱国主义出发来研究科学史,会导致对历史的歪曲。

持这样观点的同志犯了一个错误:把爱国主义和求真精神绝对地对立起来了。爱国主义首先得服从历史的真实。如果祖冲之没有算出$\pi=3.141\,6$,严敦杰为了宣传爱国主义,故意说有,那当然不对。但是古书上白纸黑字记载的有(见《隋书·律历志》,本书中有专门一节阐述),

我们把它找出来，予以宣传，怎么能说是歪曲历史呢？

祖冲之定出圆周率密值为$\frac{355}{113}$，已被日本数学史家三上义夫称为"祖率"，领先世界1 000多年。为此，莫斯科大学为祖冲之塑了铜像，美国科学史家吉利斯皮主编的《科学家大辞典》为他立了传，国际天文学联合会将第1888号小行星和月面上的一个环形山用祖冲之命了名，全世界公认祖冲之是一位科学家。可是我们国内竟然有人说：中国古代没有科学！没有科学，当然也就没有科学家，祖冲之的名字应该从全世界人民的心目中抹掉。

说"无"亦可，但要论据充分。而说"中国古代无科学"的人，有的人其论据竟然是中国古代没有"科学"这个词汇。"科学"和"科学家"这两个词汇都是欧洲工业革命以后的产物，前者于1830年左右由法国实证主义哲学家孔德提出，后者于1840年由剑桥大学教授休厄尔(W. Whewell)提出。按照这些同志的论证，则在此之前，欧洲也没有科学，伽利略、开普勒、牛顿等人也都不是科学家，岂不成了笑话！研究问题贵在从分析事实出发，我奉劝主张中国古代没有科学的同志，认真读一读这本《祖冲之科学著作校释》。读完以后，如果能写出批判文章，证明这里讲的都不是科学，而是技术或其他什么的，那才算是脚踏实地，做了一点科学工作，但也只能算是你们论证工作的一小步。

我同意李伯聪先生于1999年1月26日在《科学时报·海外版》上发表的《言有易，言无难——关于中国古代有无科学问题的方法论分析》所说的，主张中国古代无科学的人，"必须遍查所有研究中国科学史的文献，驳倒其中的全部(一个也不能少)涉及'证实'中国古代存在过某一种'自然科学'的论据和论点"，只有这样做了，才能下结论。最后还是归结到一个"缓"字上来，希望主张中国古代无科学的人，不要轻易下结论。

话题扯得太远了，再说回来：严先生和我共事30多年，是我最崇敬的一位师与友，他的为人、处世和做学问，都是我学习的榜样。数学家关肇直生前曾说"文章不发表是自己的，发表了才成为全社会的财富"。而今，看到花了大量的心血的这部严先生手稿即将成为社会财富，感到很欣慰，特此为序。

2000年2月29日

〔严敦杰遗著：《祖冲之科学著作校释》，
沈阳，辽宁教育出版社，2000〕

《人类认识物质世界的五个里程碑》自序

1981年4月我到日本大阪附近的关西大学演讲，听讲者400多人，我感到很惊讶。我问接待我的桥本敬造教授："怎么有这么多人听？"他说："这只是一个班。我们关西大学同一年内有9个班上科学史课，每班都是400人左右，共约3000多人。关西大学有两万多学生，几乎每人都要修科学史的课程。"

关西大学有这么多人选修科学史，原因之一就是他们教学方法很特别。他们不是按照年代顺序，不管三七二十一，把科学发展史一揽子讲下来，而是把自然界分为宇宙、物质、生命三大部分，由三个教授分头从古至今讲下来，并作出适当的结论。这样做，所包含科学史上的知识量未必丰富，但是抓住了重点。

天体演化、物质结构和生命起源，这三大问题既是当代科学的前沿，又是自古以来就为人们所关心的。把人类对这三大问题的认识过程，做一简洁的历史概括，无疑比泛泛地讲一般科学史更能引人入胜。所以回国以后，我就将他们在讲课实践基础上编写成的《自然观的演变》推荐给南开大学郑毓德女士，由她翻译成中文，并由北京大学出版社于1988年出版。

时间过得很快，《自然观的演变》原版的问世(1981年)至今快20年了，而科学的发展则日新月异，6种夸克的发现，带分数电荷的准粒子的确认，等等，都在激动着人心。现在再回头来看看《自然观的演变》，就觉得该书的内容短缺得太多，宇宙学的大爆炸理论在该书中只有几句话，化学元素周期律也仅占5页篇幅，而关于地学的理论则完全没有提及。先秦时代的经典《易·系辞》即说："仰以观于天文，俯以察于地理，是故知幽明之故。"可见地和天同等重要，一本关于自然观的书缺了地学内容，应该说是个遗憾。

现在，这本《人类认识物质世界的五个里程碑》，也是一本关于自然观的书，但更加重点突出。我们只从五门学科中各选一个具有革命意义的学说，进行历史的回溯和未来的展望。"院士科普书系"的策划者列出这个选题，我认为颇具慧眼，但是要我一个人来承担，实在不可能胜任。现在已不是两千年前的"自然哲学"时代，各门学科深入发展，内容丰富，一个人不可能面面俱到。我想，还是走群众路线，发挥集体力量为好。于是，邀请了几位朋友，各自写他们熟悉的领域。

第一章原子的物理模型，由物理学史家阎康年教授负责；第二章化学元素周期律，由化学史家周嘉华教授负责；第四章大陆漂移理论发展的曲折历程，由地理学史家宋正海教授负责。他们三位是中国科学院自然科学史研究所我的同事。第三章天文学的大爆炸理论，由中国科技大学天体物理中心前主任张家铝教授和该校科技史与科技考古系副主任胡化凯教授合作担任；第五章生物进化论由中国科技大学研究生院(北京)田洺(míng)副教授担任。他们都欣然接受邀请，并认真负责地按期完成了写作任务。

稿子到了清华大学出版社以后，责任编辑刘颖同志提出了中肯的意见，各位作者又做了一次修改，对个别章节动了大的"手术"。现在奉献在读者面前的，可以说是策划者、作者和编者的集体成果。

这些题目以往不止一个人写过，但本书的写法确有特色，它不仅给人以科学知识，而且具有历史感和哲学感，使人觉得在气象万千、变化无穷的物质世界面前，人类不是无能为力的。人类认识世界的能力是受历史条件限制的，但客观真理的存在是无条件的，我们向它的逐步接近也是无条件的。同样，本书作者和编者的能力，也是受历史条件制约的，错谬之处在所难免，欢迎读者指正。

2000 年 5 月 28 日

〔席泽宗主编：《人类认识物质世界的五个里程碑》，
清华大学出版社，暨南大学出版社，2000〕

论康熙科学政策的失误

一　清代科学开始落后

1952年12月6日胡适博士在台湾大学的一次演讲中遗憾地说：

> 西方学者的学问工作，由望远镜和显微镜的发明，产生了力学定律、化学定律，出了许多新的天文学家、物理学家、化学家、生理学家，给人类开辟了一个新的科学世界。而我们这三百年在做学问上，虽然有了不起的学者顾炎武和阎若璩做引导，但只有两部《皇清经解》可以拿出手来，作为清代治学的成绩。双方相差，真不可以道里计。[1]

顾炎武(1613—1682年)、阎若璩(1636—1704年)活跃于清初顺治和康熙年间。这两位皇帝在位共79年(1644—1661年，1662—1722年)。拿这79年与明末的72年(万历元年至崇祯末年，1573—1644)相比，中国科学也是急剧走下坡，一落千丈。

关于明末这一时期的科学，1993年陈美东先生有一篇很好的总结性文章[2]。他说，这一时期“中国科技已然是繁花似锦，西来的科技知识，更是锦上添花”，“群星灿烂，成果辉煌”。他并且总结出当时科技发展的三个特点，其中的“重实践、重考察、重验证、重实测”和“相当注重数学化或定量化的描述，又是近代实验科学萌芽的标志，是中国传统科技走向近代的希望”。在陈美东说的“繁花似锦”中，我挑出9朵花(著作)来，认为它们都是具有世界水平的著作：(1)李时珍《本草纲目》(1578)；(2)朱载堉《律学新说》(1584)；(3)潘季训《河防一览》(1590)；(4)程大位《算法统宗》(1592)；(5)屠本峻《闽中海错疏》(1596)；(6)徐光启《农政全书》(1633)；(7)宋应星《天工开物》(1637)；(8)徐霞客《徐霞客游记》(1640)；(9)吴有性《瘟疫论》(1642)。在短短的67年中(1578—1644)出现了这么多的优秀科学专著，其频率之高和学科范围之广，在中国历史上是空前的。

在陈美东说的灿烂群星中，徐光启(1562—1633)是一位代表人物。正如袁翰青先生所指出的，“他在科学方面的功绩不局限于科学的任一部门，他多方面地融会了我国古代科学的成就和当时外来的科学知识，一身兼任了科学工作的组织者、宣传者和实践者，起了承前启后的作用”。[3]竺可桢将他与同时代的弗兰西斯·培根(Francis Bacon，1561—1626)相比，觉得毫不逊色[4]。

但是，徐光启和培根去世后，中英两国所走的道路完全不同，1644年是个转折点。斯年，英国克伦威尔(O. Cromwell，1599—1658)率领的铁骑军，在马斯顿打败了封建王朝的军队，为资产阶级革命的胜利奠定了基础，其后虽有反复，但1688年“光荣革命”成功以后，在君主立宪制度下，英国就在资本主义的道路上前进。中国则是落后的奴隶制游牧民族入关建立了清王朝。恩格斯指出：

> 每一次由比较野蛮的民族所进行的征服，不言而喻地都阻碍了经济的发展，摧毁了大批的生产力。但是，在长期的征服中，比较野蛮的征服者，在绝大多数情况下，都不得不适应征服后存在的比较高的"经济情况"，他们为被征服者所同化，而且大部分甚至还不得不采用被征服者的语言。[5]

清军入关以后，所面临的正是恩格斯所说的这种情况。第一位统治者顺治在位 18 年(1644—1661)期间，忙于征战，烧杀抢掠，全国人口锐减，生产大大下降。第二位统治者康熙如果继续按照这条残酷的镇压路线走下去，则势必不能长治久安，他只得适应征服后存在较高的经济、文化情况，迅速汉化，而在不断汉化的过程中又要防范汉人。这一民族矛盾就决定了他在信任远道而来的传教士方面，有时超过汉族大臣。通过这一背景来看康熙，他的许多政策措施就会得到较为客观的认识。本文就想从这里做起。

二 《律历渊源》剖析

康熙皇帝姓爱新觉罗，名玄烨，于 1654 年生于北京，即顺治定都北京后 10 年。8 岁时，父亲顺治去世，继承了皇位，第二年改年号为康熙，在一些年长的大臣辅佐下，成了清代的第二个皇帝。14 岁亲政以后，立即果断地清除了辅政大臣鳌拜，废除了奴隶主法权，使满族彻底转变到封建制的轨道上来，安定了社会，巩固了政权，开辟了"康雍乾"三代鼎盛的局面，并平反了南怀仁等的错案，从而赢得了"英明"、"伟大"的荣誉[6]。但是在他执政的 61 年间，我们找不出像徐光启这样一位全面发展的科学家，像《本草纲目》、《律学新说》等这样具有世界水平的科学著作。有人拿康熙末年(1713—1722)组织编写的《律历渊源》100 卷来和徐光启翻译《几何原本》和编译《崇祯历书》来比，而且认为"后来居上"[7]，这个说法似乎欠妥。

第一，在中国历代封建王朝中，律历是体现皇家权威的重要标志。"古者帝王治天下，律历为先，儒者之通天人至律历而止。历以数始，数自律生。"《宋史·律历志》中的这段话充分体现了在中国古代知识体系中律、历、数这三门学科的关系，以及它们在统治者眼中的地位。运用当代已经掌握的知识，修正古代典籍中的错误，是有为君主的重要"文治"之一，康熙要"成一代大典，以淑天下而范万世"(《清史稿·诚隐郡王允祉传》)，正是对传统的继承，好大喜功的表现，并非要发展科学才如此做，目的性和徐光启不同。

第二，《律历渊源》共分三部分。第一部分《历象考成》42 卷，是在 90 年前的《崇祯历书》的基础上编成的，只是根据南怀仁《灵台仪象志》和《康熙永年历法》等做了一些数据修改，新的内容很少。正如程贞一先生所指出的："《历象考成》与当时西方天文著作相比，其差距要比《崇祯历书》与以前西方天文成就相比的差距大得多了。"[8]

《律历渊源》第二部分《律吕正义》5 卷，介绍了西方五线谱的编造和用法，是其特色；也肯定了朱载堉的十二平均律，但到乾隆编《律吕正义后编》(1746)时，又加以否定，并以问答形式，罗列其"十大罪状"[9]，大大倒退了！

《律历渊源》第三部分《数理精蕴》有 53 卷，被誉为数学百科全书，内容最多，影响也最大，但是我们也要看到它不足的一面。这部书只介绍了中世纪的算术、代数、几何、三角，对 17 世纪新出现的数学只介绍了对数和计算尺。伽利略说："哲学是写在这部永远摆在我们眼前的大书中的——我这里指的是宇宙。但是，如果我们不首先学习用来写它的语言和掌握其中的符号，我们是不能了解它的。"[10]伽利略说的"哲学"就是近代科学，当时"科学"这个词汇还没有

出现。李约瑟同意柯瓦雷(A. Koyré)的分析,近代科学需要与数学结合,但不是中世纪的数学,数学本身需要改造,必须使数学的本质更接近于物理学。紧接着李约瑟列举了16世纪中叶以后欧洲数学发生的一系列全新的事情[11]:

(1) 维埃特(Viéte,1580)和雷科德(Recorde,1557)终于精心制订了一套令人满意的代数符号
(2) 斯泰芬(Stevin,1585)充分估价了十进小数的功用
(3) 内皮尔(Napier)在1614年发明了对数
(4) 冈特(Gunter)在1620年创造了计算尺
(5) 笛卡儿(Descartes)在1637年建立了坐标和解析几何学
(6) 1642年出现了第一个加法计算机[帕斯卡(Pascal)]
(7) 牛顿(Newton,1665)和莱布尼茨(Leibniz,1684)完成了微积分

这7件事情中,最重要的是(5)解析几何和(7)微积分,而恰恰是这两项最重要、最新的成果,在1723年出版的《数理精蕴》中毫无反映。我们可以把责任推在传教士身上。但(1)符号代数没有反映,康熙本人就要承担责任了。据詹嘉玲(C. Jami)研究[12],1712年夏天,法国耶稣会士傅圣泽(J. - F Foucquet,1665—1741)写了一篇《阿尔热巴拉(代数)新法》,向康熙皇帝介绍符号代数,康熙看了以后,觉得“晦涩”,比旧法“更难”、“可笑”,就把这门新科学的传播给扼杀了。直到1859年李善兰和伟烈亚力(Alexander Wylie,1815—1887)合译棣么甘(A. De Morgan)的《代数学》(*Elments of Algebra*,1835),这门新科学才又重新来到中国,但延滞了将近150年。

《数理精蕴》所汇集的数学知识已不先进,再挂上“康熙御制”,又紧箍了人们的思想。就这样,乾嘉时期虽有许多人受其影响研究数学,但成就有限,与世界水平越来越远。

三 康熙学习科学的动机和目的

“一门新学科由于他个人的好奇就加以介绍,而由于他自己的不懂又定为无用”。[13]这个人又是“一言九鼎”的皇帝,关系太大了。这样,这位皇帝学习科学的动机和目的就很有研究的必要了。在这方面,1944年邵力子先生有一段精彩的论述:

> 对于西洋传来的学问,他(指康熙)似乎只想利用,只知欣赏,而从没有注意造就人才,更没有注意改变风气;梁任公曾批评康熙帝,“就算他不是有心窒塞民智,也不能不算他失策”。据我看,这“窒塞民智”的罪名,康熙帝是无法逃避的。[14]

以下就沿着邵力子先生的这段话,做一些分析。先说“窒塞民智”。“民可使由之,不可使知之”。任何一个封建皇帝都不可能认真地去普及教育,普及科学。康熙皇帝做得更绝,他把科学活动仅限于宫廷之中。《张诚日记》上写着,1690年2月17日康熙皇帝对他们说:“我们这个帝国之内有三个民族,满人像我一样爱敬你们,但是汉人和蒙古人不能容你们。你们知道汤若望神甫快死的那一阵的遭遇,也知道南怀仁神甫年轻时的遭遇。你们必须经常小心会出现杨光先那种骗子。你们应以谨慎诚惧作为准则。”张诚(J. - F. Gerbillon,1654—1707)接着

写道:“总之他告诫我们不要在我们所去的衙门里翻译任何关于我们的科学的东西,而只在我们自己家里做。”[15]康熙把传教士当做自己家里人,并要求他们对汉人和蒙人进行防范,这就妨碍了科学和文化的交流。张顺洪先生指出:

康熙时期的中西文化交流与明末是有很大区别的。明末中西文化交流的活动是在中国士大夫、学者与西方传教士之间自发进行的,皇帝本人并未直接参与。康熙时期情况却不同,皇帝本人对西方科学技术有很大兴趣,而学者与西方传教士之间的文化交流却少见。这样的文化交流活动容易受到皇帝个人兴趣的影响。一旦皇帝本人对西方科学技术失去兴趣,则中西文化交流就会受到挫折。相比之下,明末的中西文化交流更有“群众基础”,更有可能发展成中西文化交流的历史洪流,而这种发展趋势却被明清易代所中断。[16]

为了“窒塞民智”和个人的独断独行,康熙又扼杀了另一门新科学在中国的传播。当巴多明(D. Parrenin,1665—1741)将他给康熙讲授的人体解剖学讲义用满文和汉文整理成书,并绘图予以说明,准备出版时,康熙立即下令:“此乃特异之书,不可与普通文籍等量观之,亦不可任一般不学无术之辈滥读此书。”据潘吉星先生研究[14],巴多明原稿书名为《根据血液循环理论及戴尼(Dienis 或 Diones)的新发现而编成的人体解剖学》,简称《解剖学诠释》(*Antonie Medchoue*),原稿后来传回欧洲,存于丹麦哥本哈根皇家图书馆,1928 年才得以出版。

1713 年康熙对皇子们说:

尔等惟知朕算术之精,却不知我学算之故。朕幼时,钦天监汉官与西洋人不睦,互相参劾,几至大辟。杨光先、汤若望(Johann Adam S′chall von Bell,1592~1666 年)于午门外九卿前,当面赌测日影,奈九卿中无一人知其法者。朕思,己不知,焉能断人之是非,因自愤而学焉。[18]

“断人之是非”既是康熙学习科学的出发点,也是目的。1702 年康熙南巡,驻跸德州,当李光地(1642—1718)将梅文鼎的《历学疑问》呈送给他看时,他马上说:“朕留心历算多年,此事朕能决其是非。”韩琦博士在《君主和布衣之间——李光地在康熙时代的活动及其对科学的影响》[19]一文中,除举此例外,还有很多叙述,这里只再转述李光地本人受捉弄的一例,以见康熙之为人。

1689 年 2 月康熙到南京后,先派侍卫赵昌向天主堂远西学士法国人洪若翰(Jean de Fotaney,1643—1710)、意大利人毕嘉(G. Gabiani,1623—1694)询问“南极老人星,江宁(南京)可能见否?出广东地平几度?江宁几度?”毕、洪等一一计算,又观看天象,验老人星(α Car)出地平度数,详察明白,呈文送上。康熙得知详情以后,在一班大臣前呼后拥下登上南京观象台,李光地也得以随侍。据李光地自己回忆[20]:

既登,余与京江(即张玉书)相攀步上,气喘欲绝。上颜色赤红,怒气问余:“你认得星?”

余奏曰:“不晓得,不过书本上的历法抄袭几句,也不知到深处,至星象全不认得。”

上指参星问云:“这是什么星?”

答以参星。

上云:“你说不认得,如何又认得参星?”

奏云:“经星能有几个,人人都晓得。至于天上星极多,别的实在不认得。”

上又云:“那是老人星?”

余说:“据书本上说,老人星见,天下太平。”

上云:“甚么相干,都是胡说。老人星在南,北京自然看不见,到这里自然看得见;若再到你们闽广,连南极星也看见,老人星那一日不在天上,如何说见则太平?”

上问淡人(高士奇):“李某学问如何?”

曰:“不相与,不知。”

李光地本来是想讨好康熙,结果适得其反,遭到了康熙的责备。这年五月康熙回到北京以后,就将他降级使用,对他是个很大的打击,所以李光地记得这么详细。但从上述对话中,康熙说福建、广东一带连南极星也能看见,又反映出他的天文知识不够深入。事实上,在福建、广东一带,南极星是看不见的。

南京观象台上的这场天文对话,完全是个预谋,由此就可以看出他学习天文的目的是什么了,并不是发展科学,而是一种“利用”,用来炫耀自己,批评别人。梁启超的论断是对的。

四　康熙科学政策的失误

梁启超批评康熙“失策”,这决不是苛求于前人,而是正确的历史结论。不要说与他同时代的法王路易十四(Louis XIV,1661 年亲政,1715 年去世)和俄国彼得大帝(A. Peter,1689 年亲政,1725 年去世)相比,康熙在科学方面所采取的政策措施,远远落后;就是与 100 年前的徐光启(1562—1633)相比,也是落后的。徐光启在主持改历的时候,提出了一套发展天文学的方法。他说:

> 欲明天事,只有深伦理,明著数,精择人,审造器,随时测验,追合于天而已。……除此之外,无他道焉。(《崇祯历书·恒星历指·叙目》)

这套方法,也可以说是政策。1996 年我在北京一次天文学会议上讲出这段话,把其中我加了着重点的 20 个字,命名为 20 字方针,大家听了以后,都对徐光启感到钦佩,有人甚至提出要把这 20 个字刻到我们国家正在制造的大望远镜“LAMOST”(大天区面积多目标光纤光谱望远镜)上。拿这段话来检查康熙的所作所为,那他就相差太远了。

1. 用人问题

徐光启临终前把李天经由山东请到北京负责历局工作,可谓“知人善用”。康熙即位时年仅八岁,就碰上了杨光先状告汤若望。这场学术问题、政治问题、宗教问题纠缠在一起的纷争,最后以杨光先失败告终。康熙于 1669 年 4 月 1 日任命比利时人南怀仁(Ferdinand Verbiest,1623—1688)为钦天监监副,南怀仁敬谢不就,改为治理历法,待遇同监副,是业务上的最高负责人,监正为满族官员。这一格局一直维持到 1826 年葡萄牙人高守谦(Vervissimo Monteiro da Sarra)因病回国,钦天监才不用欧洲传教士主事。不可否认,这些人也都或多或少地做过一些有益的事,但是他们毕竟不是专业的天文学家。有专业背景的神职人员和有宗教信仰的职

业科学家还是有区别的。前者以传教为目的,科学是一种工具,是他们的敲门砖。当他们的仪器制造、历法计算能满足皇宫的需要时,也就无须再向前探索了。康熙聘请南怀仁与法王路易十四请意大利天文学家卡西尼(G. D. Cassini,1625—1712),在效果上是不一样的。

难道在150多年中,中国自己就找不到一位天文台长?就在康熙初年,中国就有两位天文学家,号称"南王北薛"。"王"是江苏人王锡阐(1628—1682),"薛"是山东人薛凤祚(1600—1680),他们精通数学、天文,学贯中西。尤其是王锡阐,在美国吉利斯皮(G. G. Gillispe)主编的《科学家传记辞典》中,还请席文(N. Sivin)先生为他写了一篇长达10页的传记[21]。而在这部书中,中国科学家被列传的仅有9人。对于近在身边,年仅40多岁的这位杰出青年科学家,康熙根本不予理睬,这怎么能算是尊重人才。如果说,由于政治立场的不同,王锡阐不能用,为什么薛凤祚也不能用?事实上,康熙对汉人一直不放心,后来对梅文鼎也只是表面上礼遇而已。

2. 培养人才和集体研究问题

康熙在位期间,1662年伦敦成立了皇家学会,1666年法国成立了皇家科学院,1700年柏林成立了科学院(院长莱布尼兹)。对于欧洲产生的这一系列学术建制,康熙并非一无所知。据韩琦研究,白晋和傅圣泽都向康熙介绍过法国的"格物穷理院"(即法国科学院)和"天文学宫"(即建于1667年的巴黎天文台),蒙养斋的建立和全国大地测量工作的进行,即与此有关[22]。但蒙养斋后来成了一个单纯编书的机构,《律历渊源》100卷编成以后,也就结束,研究工作很少。由全国大地测量所完成的《皇舆全览图》(1718)是一项重大成果,但秘在内府之中不让人看;对于测绘方法也没有记载,以至到乾隆时代,再进行测绘工作时(1756—1759),仍然不得不请耶稣会士做指导[23]。

康熙年间所进行的大地测量工作,实际上是法国皇家科学院科研计划的一部分,康熙不自觉地做了此工作的组织者。当《皇舆全览图》在中国还在严格保密的时候,巴黎已于1735年出版,广为流传。詹嘉玲(C. Jami)正确地指出:

> 严格地来讲,几乎不能使用"科学交流"一词。耶稣会士的资料称,康熙曾于1693年派遣白晋出使欧洲,其使命是为中国带回其他学者,并试图将此行作为外交使团。但事实上,康熙从未制定过专门对法国的科学交流政策。将这种形式描述成两国之间的一种学术交流,仅仅是由法国耶稣会士造成的。[24]

康熙时代对欧洲交流的惟一渠道就是耶稣会士。第一位走向世界的中国人樊守义(字利如),到欧洲旅游28年(1682—1709),精通拉丁语和意大利语,回国后,康熙只是在避暑山庄召见一次,并不任用[25]。康熙身为一国之君,不学外语,当然可以,但有这么多的传教士在中国,办个外语学校,让八旗子弟学学外语,这是易如反掌的事,都没有做,更不要说组织中国学者翻译外国科技书籍了。这真是送上门来的大好机遇,却给错过去了!

3. 制造仪器和观测问题

"工欲善其事,必先利其器"。在徐光启主持编译的《崇祯历书》中有《测量全义》(1631)10卷,第10卷为《仪器图说》。"仪器"这个词汇在此卷中首次出现。① 这表明科学仪器的制造和研究,被有意识地提到日程上来了。在天文仪器发展史上,望远镜的出现是一个飞跃。1609

① 张柏春:《明清测天仪器的欧化——17、18世纪传入中国的欧洲天文仪器技术及其历史地位》,博士论文,北京,1999。

年伽利略用望远镜观测天象以后，消息很快传到了中国。1618年邓玉函（Johann Schrek，1576—1630）已把小型望远镜带到中国。1618年汤若望与李祖白合译《远镜说》，对伽利略的发现和发明作了介绍。1629年徐光启建议制造望远镜来观测行星和该年9月9日的日食，这和伽利略首次用望远镜观天只相差20年。可是过了40年以后，1669年康熙命令南怀仁做天文仪器的时候，望远镜反而不做了。并不是南怀仁不知道望远镜，他在《灵台仪象志》卷二中写着"玻璃望远镜、显微镜"，但就是没有做。这过错要由康熙来承担。1730年8月17日巴多明从北京写给法国科学院院长道尔都·德·梅郎（Dortous de Mairan）的信中说："皇宫里有许多望远镜和钟表都出自欧洲最能干的工匠之手。康熙皇帝比任何人都清楚望远镜和钟表对于精确地观察天象是必不可少的，但是他没有下令他的天文学家们去使用这些器具。"[26]观象台的天文学家在皇家的控制下，并不想进行新的发现，只要做些方位天文学的观测，满足历法工作需要就行了，而南怀仁的六架大型仪器足够矣。

更糟的是，南怀仁的这些仪器制成以后，并没有拿来进行观测。潘鼐先生发现，《灵台仪象志》星表中的黄经，是利用《崇祯历书》上的数据加上累积岁差归算而得，并非实测，黄纬则完全一样；赤经、赤纬大致是从黄经、黄纬归算而得，也非实测。不仅如此，整个清代所编的星表都是依据前人或欧洲的星表，加上岁差归算到所用历元，只有少数数据是出自观象台的实测[27]。徐光启要求的"审造器，随时测验，追合于天"，早已抛到九霄云外了。

更令人遗憾的是，清代统治者把精巧的仪器视为皇家礼器，应该留在宫中供皇帝本人使用，观象台的仪器比御用仪器少得多。据李迪、白尚恕调查，收藏在故宫中的科学仪器近千件，望远镜就有一二百架，多为康熙、乾隆时物[28]。这么多的科学仪器，收藏在深宫秘院中，不让发挥作用，该当何罪！

4. 理论问题

徐光启的20字方针，头6个字是"深伦理，明著数"，这里的"伦理"并不是现在的伦理学，而是理论。中国传统科学的一个弱点就是系统性、理论性不强，《康熙几暇格物编》就是如此。在天文学方面，康熙所关心的问题都是一些普通常识问题，对于从欧洲传进来的一些理论问题，不管是托勒密体系、第谷体系还是哥白尼体系，他都未予以重视，进行研究。《数理精蕴》53卷，分上下两编，上编《立纲明体》，下编《分条致用》，似乎系统性、理论性很强。但在上编"数理本原"部分，回溯于河图洛书，正宗归于《周髀算经》，其次才是《几何原本》，而这里的《几何原本》又非利玛窦、徐光启的译本，而是传教士给康熙的进讲本。欧几里得几何在这里被大卸八块，本来的公理演绎体系已消失得无影无踪[29]，这就是康熙对待数学和理论的态度！

5. "西学中源"问题

西学中源说并非康熙首创，但康熙的提倡却起了很大的推波助澜作用。1704年11月21日，他在听政时发表《三角形推算法论》① （全文约600余字），文中说："论者以古法、今法（西法）之不同，深不知历原出自中国，传及于极西，西人守之不失，测量不已，岁岁增修，所以得其差分之疏密，非有他求也。"1711年他与直隶巡抚赵宏燮讨论数学问题时又说："夫算法之理，

---

① 《御制三角形推算法论》有两种版本：一为满汉对照本，收入《满汉七本头》内，刊刻年代约为1707年；一为《康熙御制文集》本，收入第3集卷19，刊刻于1714年。此文的写作年代，王扬宗（《康熙、梅文鼎和西学中源说》，《传统文化与现代化》，1995年，第3期，77—84页）和韩琦（《白晋的〈易经〉研究和康熙时代的西学中源说》，《汉学研究》，第16卷第1期，185—201页，1998年）有不同看法。本文暂从王扬宗的说法。

皆出自《易经》，即西洋算法亦善，原系中国算法，被称为阿尔朱巴尔。阿尔朱巴尔者，传自东方之谓也。”[30]

康熙最重要的一着是，1705年5月11日召见梅文鼎（1633—1721），面谈三天，亲授机宜，并赐“绩学参微”四个大字。梅文鼎受宠若惊，感恩戴德，回去后三番五次地说：

> 御制《三角形论》言西学实源中法，大哉王言！撰著家皆所未及。（《绩学堂诗钞》卷四）
>
> 伏读御制《三角形论》，谓古人历法流传西土，彼土之人习而加精焉。大语煌煌，可息诸家聚讼。（《绩学堂诗钞》卷四）
>
> 伏读圣制《三角形论》，谓众角辏心以算弧度，必古算所有，而流传西土。此反失传，彼则能守之不失且踵事加详。至哉圣人之言，可以为治历之金科玉律矣。（《历学疑问补》卷一）

《历学疑问补》是梅文鼎论证西学中源说的代表作。随着这一著作收集在《梅氏历算全书》中于雍正元年（1723）的正式出版，这一学说遂遍传宇内，广为人知。同年，御制《数理精蕴》也正式出版，其中《周髀算经解》又说：

> 汤若望、南怀仁、安多（A. Thomas）、闵明我相继治理历法，间明算学，而度数之理渐加详备，然询其所自，皆云本中土流传。

西学中源说既有“圣祖仁皇帝”提倡于上，又有“国朝历算第一名家”梅文鼎论证于下，又得到西洋传教士的一致认同，这就成了乾嘉时期的思想主流[31]。回归“六经”，本来是明末遗民反思亡国之痛，和清初统治者寻找统治方法，两拨儿人殊途同归；有了西学中源说，就更加了一层涵义：“六经”等古书中不但有“修身、齐家、治国、平天下”的办法，也有先进的科学技术。要发展科学，不用到自然界去探索，不要向西方学习，研究古书就行了，阮元编《畴人传》有此目的，戴震作《考工记图注》、陈懋龄编《经书算学天文考》，等等，都是沿着这条路走的。

正当我们的先辈们深信西学中源说，把回归“六经”作为自己奋斗目标的时候，西方的科学技术却迈开了前所未有的步伐。直到英国发生了工业革命（1770～1830年）以后，用坚船利炮打开了我们的大门的时候，才恍然大悟，发现我们自己大大落后了。

综上所述，似乎可以得出这样的结论：按照明末发展的趋势，中国传统科学已经复苏，并有可能转变成为近代科学。由于清军入关，残酷的战争中断了这一进程。到了康熙时期，全国已基本上统一，经济也得到很大发展，而且有懂科学的传教士在身旁帮忙，国内、国外的环境都不错，是送上门来的一个机遇，使中国有可能在科学上与欧洲近似于“同步起跑”，然而由于政策失误，他把这个机会失去了。

〔本文系1999年8月在新加坡召开的第9届国际东亚科学史会议上的特邀大会报告。10月3日，新加坡英文《周日时报》（*Sunday Times*）用整版篇幅以《中国科学滑坡的新罪人》（New Culprit for China's Scientific Slide）为题加以报道〕

后记 1999年10月11日《科学时报·读书周刊》（北京）发表了赵新社的一篇短文《换一个角度看康熙》，介绍田时塘教授等新著《康熙皇帝与彼得大帝——康乾盛世背后的遗憾》。此

书用对比的手法，把康熙置于俄国沙皇彼得这架坐标仪上，以剖析其所思所为对其以后中国的影响。该书指出，1700 年中国国民生产总值占全世界的 23.1%，而俄国只占 3.2%，可是后来的发展两国全然不同，原因就出在这两位领导人各为自己的国家制定的发展方向和构建的制度不同。中国与工业革命失之交臂，进而从封建社会向半殖民地半封建社会沦落，形成百年屈辱史，康熙也肩负有责。此书的结论与本文不谋而合，可供参考。——1999 年 10 月 12 日

参 考 文 献

[1] 姚鹏.范桥编.胡适讲演.北京:中国广播电视出版社,1992.37—38

[2] 陈美东.明季科技复兴与实学思想.赵令扬、冯锦荣主编.亚洲科技与文明.香港明报出版社,1995.64—84

[3] 袁翰青.袁翰青文集.北京:科学技术文献出版社,1995.87

[4] 竺可桢.近代科学先驱徐光启.申报月刊,1934(3).

[5] 恩格斯.反杜林论.马克思恩格斯选集,第 3 卷.北京:人民出版社,1974.

[6] [法]白晋.康熙皇帝.赵晨译.哈尔滨:黑龙江人民出版社,1981.Joach Bouvet. *Portrait Historique de l'Empereur de China*. Paris,1697.

[7] 钱宝琮主编.中国数学史.北京:科学出版社,1964.268

[8] 程贞一.清代中西交流初期康熙对天文学的影响.李迪主编.第二届中国少数民族科技史国际学术交流会论文集.北京:社会科学文献出版社,1996.1—14

[9] 戴念祖:中国声学史.石家庄:河北教育出版社,1984.292

[10] Galileo G. *Opera*. vol.4. Florence,1842.171.见:[英]李约瑟.中国科学技术史,第 3 卷.《中国科学技术史》翻译小组译.北京:科学出版社,1978.355

[11] [英]李约瑟.中国科学技术史.第 3 卷.中国科学技术史翻译小组译.北京:科学出版社,1978.348—349

[12] Jami C.欧洲数学在康熙年间的传播情况:傅圣泽介绍符号代数尝试的失败,徐义保译,李迪主编.数学史研究文集.第一辑.呼和浩特:内蒙古大学出版社,1990.117—122

[13] 许康.论康熙帝的科技管理——纪念爱新觉罗·玄烨诞生 340 周年.科技管理,1995(1):19—22

[14] 邵力子.纪念王徵逝世 300 周年.真理杂志,1944(2).

[15] [法]张诚日记.陈霞飞译.北京:商务印书馆,1973.72

[16] 张顺洪.康熙与中西文化交流.许明龙主编.中西文化交流先驱.北京:东方出版社,1993.115—134

[17] 潘吉星.康熙与西洋科学.自然科学史研究,1984(2):177—188

[18] 圣祖仁皇帝庭训格言,清末铅印本,23 页。

[19] 韩琦.君主和布衣之间:李光地在康熙时代的活动及其对科学的影响.清华学报(新竹),1996(26):421—445

[20] 李光地.榕村语录·榕村续语录.陈祖武点校.北京:中华书局,1995.741—742

[21] Sivin N. Wang Hsi-shan(1628—1682). *Dictionary of Scientific Biography*. XIV. New York:Charles Scribner's Sons,1976.159—168

[22] 韩琦.康熙朝法国耶稣会士在华的科学活动.故宫博物院院刊,1998(2):68—75

[23] 杜石然等.中国科学技术史稿(下).北京:科学出版社,1982.213

[24] Jami C.18 世纪中国和法国的科学领域的接触,耿升译.清史研究,1996.22:56—60

[25] 方豪.中西交通史,第四册.台北:华冈出版有限公司,1997.187

[26] 朱静编译.传教士看中国朝廷.上海:上海人民出版社,1995.

[27] 潘鼐.中国恒星观测史.上海:学林出版社,1989.377,253—255

[28] 李迪、白尚恕.故宫博物院所藏科技文物概述.中国科技史料,1981(1)95—100

[29] 樊洪业.耶稣会士与中国科学.北京:中国人民大学出版社,1992.236

[30] 圣祖实录.北京:中华书局,1985.245:431
[31] 江晓原.试论清代西学中源说.自然科学史研究,1988(2):101—108

On the Mistakes of Emperor Kang xi's Scientific Policy

During the 67 years before the fall of the Ming Dynasty in 1644, there had appeared in China 7 scientific monographs of world level of academic standards, such as *Bencao Gangmu* (Compendium of Materia Medica, 1578) and *Luxue Xinshuo* (A New Account of Musical Acoustics, 1584), but after the foundation of the Qing Dynasty China did not make any important contribution to science. This paper considers that Kangxi, the second emperor of the Qing Dynasty, should bear the blame for this historical fact to some extent. Being a ruler of the longest reign, Kangxi had been on the throne for 6l years from 1662 to 1722, during which period modern science developed rapidly in Europe. Although he diligently learned astronomy, mathematics and medicine from the Jesuits and wrote a book entitled *Jixia Gewubian* about natural knowledge, Kangxi can at most be regarded as a sincere amateur of science. In comparison with King Louis XIV of France and Peter I of Russia, as the leader of a country he did not take any important step in developing sciences but made a series of mistakes in scientific policy: (1) Only believing Jesuits, he did not make use of such qualified Han scholars as Wang Xishan and Xue Fengzuo; (2) He did not have a telescope or a microscope made, though both had already been introduced into Chinai (3) He neither trained foreign language personnel nor sent people to study abroad; (4) He did not establish any scientific institution and even did not set up a single school for Manchu children to study scientifc knowledge; (5) He insisted that such scientific books as the *Xiyang Xinfa Lishu* (Treatise on Calendrical Science According to the New Western Methods) and the *Lixiang Kaocheng* (Compendium of Calendrical Science and Astronomy) to be written "under the leadership of the Emperor", which made discussions impossible ; (6) He advocated the theory that "Western learning originated from China". This caused the situation that Chinese academic research took the way returning to the ancients, and scholars did not study nature but buried themselves in outdated writings. The defeat in the Opium War made Chinese intellectuals begin to realize that this way is wrong.

〔原刊《自然科学史研究》,第19卷,第1期,2000〕

《中国科学技术史·科学思想卷》导言

一　从天文学史到科学思想史

按照传统的看法，中国古代的天文学就是"历象之学"，"历"即历法，"象"即天象。这反映在二十五史中，就是《历志》和《天文志》。有人认为，历法计算只是一种技术，而古时的天象观测是为了预报人间吉凶，这都不是为了探索自然界的规律，因而作为科学的天文学，在中国根本不存在。但是，当我在叶企孙先生的引导下，第一次读到《庄子·天运》里：

> 天其运乎？地其处乎？日月其争于所乎？孰主张是？孰维纲是？孰居无事推而行是？意者其有机缄而不得已耶！意者其运转而不能自止耶！

和《楚辞·天问》里：

> 遂古之初，谁传道之？上下未形，何由考之？冥昭瞢暗，谁能极之？冯翼惟象，何以识之？

的时候，心情很激动。这两段话问得太深刻了！前者讨论天体的运动问题和运动的机制问题。为了回答这一问题，就得研究天体的空间分布和运动规律。这是天体测量学、天体力学和恒星天文学的任务，牛顿力学就是在这一研究方向上产生的。但引力是什么？至今还没有圆满的答案。后者讨论宇宙的起源和演化，是天体物理学、天体演化学和宇宙学的任务。20世纪在爱因斯坦相对论和哈勃定律基础上建立起来的大爆炸宇宙论虽然得到了一些观测事实（微波背景辐射、元素丰度）的证实，但也很难说是最后的定论。

到1911年辛亥革命为止，中国只有肉眼观测的天体测量学工作，其他五门学科都是哥白尼以后在西方逐渐发展起来的，科学的天体演化学和宇宙学是20世纪才有的。我们的祖先当然没有条件解决庄子和屈原提出的问题，但是从汉代起，还是有不少人作了一些回答。这些回答尽管是思辨性的，而且绝大多数是错误的，但也有一些天才的思想火花，值得大书特书。例如汉代《尚书纬·考灵曜》说："地恒动不止，而人不知，譬如人在大舟中闭窗而坐，舟行而人不觉也。"这里不仅明确指出大地在运动，而且解释了地动而人不知的原因。伽利略在他的名著《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》（1632）中论述人为什么感觉不到地球在运动时，用的是同样的例子，从而对运动的相对性原理作了生动的阐述。

如果把中国历史上这些关于天地结构、运动、起源和演化的论述，不管正确与否，都搜集起来，予以系统的论述，将会在以往的"历象之学"范围以外，开辟一个新的园地，使人们对中国天文学史有个新的感觉。1973年6月在中国科学院召开的天体演化学座谈会上，应会议主持人

之邀,我写了一份《中国古代关于天体演化的一些材料》,打印150份,散发给与会者后,反映很好,大家对其中的如下一段话尤为欣赏:

> 列宁说:“客观唯心主义有时候可以转弯抹角地(而且还是翻筋斗式地)紧密地接近唯物主义,甚至部分地变成了唯物主义。”(《哲学笔记》,人民出版社,1974年中译本,308页)宋代客观唯心主义哲学家朱熹(1130—1200)在天体演化问题上正是这样。朱熹认为,天地初始混沌未分时,本是一团气,这一团气旋转得很快,便产生了分离作用;重浊者沉淀在中央,结成了地;轻的便在周围形成了日月星辰,运转不已。他并且设想原始物质只有水、火两种,又联系到地上山脉的形状,认为地是水的渣脚组成的。朱熹的这个学说比起前人有三大进步:一是他的物质性。《淮南子·天文训》和张衡的《灵宪》虽然认为天地在未形成以前是一团混沌状态的气,但这团气是从虚无中产生的。二是他的力学性,考虑到了离心力。三是联系到地质现象。康德星云说的提出(1755)可能受到他的影响。

在这次会议的影响下,我遂和我的大学同学、著名科普作家郑文光合作,写了一本《中国历史上的宇宙理论》,于1975年末在人民出版社出版。

《中国历史上的宇宙理论》出版的时候,祖国大地正逢严寒的冬天,可以说是“悬崖百丈冰”。1978年迎来了科学的春天,自然科学史研究所也重新回到中国科学院的怀抱。在讨论“科学史三年计划和八年发展纲要”时,主持人仓孝和主张要开拓新的领域(近代史、思想史、中外交流史等),并且劝我说:“你可在《中国历史上的宇宙理论》的基础上拓宽到整个中国科学思想史,这还是一片未开垦的处女地。”的确,当时关于中国科学思想史的著作,只有两本书,散见的论文也很少。这两本书一是1925年德国学者佛尔克(A. Forke)用英文出版的《中国人的世界观念》(The World Conception of the Chinese),1927年有德译本,日本于1937年翻译出版时取名为《支那自然科学思想史》。解放前我在中山大学念书的时候,哲学系主任朱谦之即向我推荐过这本书,认为有译成中文的必要,可惜至今没有人翻译,而美国于1975年又再版印行。二是1956年英国学者李约瑟出版的《中国科学技术史》第二卷《科学思想史》(History of Scientific Thought)。这一卷是李约瑟多卷本《中国科学技术史》著作中争论最大的一本。这本书不但在国外受到激烈批评,在国内也不受欢迎,港台学者甚至断言,由于意识形态关系,国内不会翻译出版这一本。事实上,1975年的翻译计划中也是没有这一本,到了改革开放以后,1990年才得以用中文在北京出版。由此可见,要进行科学思想史研究有多么难!

二　科学思想史的内涵

1. 什么是科学思想史

在我接受了仓孝和的建议,正在酝酿研究中国科学思想史的时候,1980年春,以中山茂为首的日本科学史代表团一行10人来华访问,其中有一位寺地遵,是研究科学思想史的,著有《宋代的自然观》。当时任中国科学院副院长的严济慈院士在接见他们时,向寺地遵提出了一个问题:“什么是科学思想史?物理学史、化学史对象很具体,我知道历史上有许多物理学家、化学家,但没有听说过有科学思想家。”弄得寺地遵先生很尴尬。

为了回答严老提出的问题,为了开展我们的工作,我翻阅了一些国外出版社的关于科学思想史的书,但都没有明确的定义。日本学者坂本贤三在他的《科学思想史·绪论》(1984)中说:

"科学思想史似乎开始于规定'科学思想'的含义;但又无法预先明确'科学思想'这一概念。目前,只能就科学家对待研究对象的态度做出规定,即把它当做科学家的自然观和研究方法加以历史的追述,这就是本书的任务。"兜了一个圈子,坂本贤三实际上是把科学思想史规定成了自然观和方法论的历史。我们认为还应该加上科学观的历史。以下仅就这三个方面,结合中国历史文献予以阐述。

2. **自然观**

自然观首先是人与自然的关系,在这方面《荀子·天论》是一篇非常精彩的论文。它指出:① 自然界的运动变化是有规律的,与人间的政治好坏无关("天行有常,不为尧存,不为桀亡")。② 自然界发展到一定阶段,产生了人以后,人就本能地要认识自然界,而自然界也是可以认识的("凡以知,人之性也;可以知,物之理也")。③ 人不但要认识自然,还要利用自然和改造自然来为自己服务("财[裁]非其类以养其类"),但自然界有些事物对人类是有益的("顺其类者谓之福"),有些是有害的("逆其类者谓之害");对前者要"备其天养",对后者要"顺其天政"。把这两种事情弄清楚了,人类就能"知其所为,知其所不为",而"天地官(管)万物役矣"。

自然观范围很大,不仅仅是讨论人与自然的关系,更重要的是人们对物质、时空和运动变化的研究和看法,几乎涉及自然科学的全部,哲学家们也很关心。"子在川上曰:逝者如斯夫,不舍昼夜"。《论语·子罕》篇里引述孔子的这一句话,生动地表述了时间的连续性、流逝性和流逝的不可逆性。《管子·宙合》篇第一次把时间和空间合起来讨论。宙即时间;合即六合(四方上下),也就是三维空间。《宙合》篇说:"宙合之意,上通于天之上,下泉于地之下。外出于四海之外,合络天地以为一裹。""是大之无外,小之无内。"

在中国古代,人们更多的是用"宇"来表示空间,《管子》的"宙合"通俗的说法就是"宇宙","天地"则是宇宙中能观测到的部分。因此,把这段话译成白话文就是:宇宙是时间和空间的统一,它向上直到天的外面,向下直到地的里面,向外越出四海之外,好像一个包裹一样把我们看见的物质世界包在其中。但是它本身在宏观方面和微观方面都是无限的。

我们看到的物质世界是有序列的。《荀子·王制》篇说:"水火有气而无生,草本有生而无知,禽兽有知而无义;人有气、有生、有知、亦且有义,故最为天下贵也。"李约瑟在他的《中国科学技术史》第二卷《科学思想史》(科学出版社,1990年中译本,第22页)中曾经引述这一段话,并且说在他和鲁桂珍之前无人发现这段话和亚里士多德的灵魂阶梯论极其类似,并且列表如下:

亚里士多德(公元前4世纪)	荀子(公元前3世纪)
植物:生长灵魂	水与火:气
动物:生长灵魂+感情灵魂	植物:气+生
人:生长灵魂+感情灵魂+理性灵魂	动物:气+生+知
	人:气+生+知+义

但是,我们觉得,荀子的论述与亚里士多德的论述有本质上的不同。荀子根本没有灵魂概念,荀子主张气是构成万物的元素。气是物质的,而亚里士多德的灵魂是精神的。在荀子看来,生物和无生物原始物质上没有什么不同,而人和动物除了"义"以外也没有什么不同,义是后天教养获得的。

在荀子看来，人是这个物质序列中最高级的。这是上帝安排的呢，还是一个演化过程？荀子没有回答。晋代郭象(252—312)在注《庄子·齐物论》时明确地断言“造物无主，而物各自造”。“物各自造”，又是怎么造的，《庄子·寓言》篇的回答是：“万物皆种也，以不同形相禅。”这几乎拟出了达尔文进化论的书名：《物种起源》(1859)！万物本是同一种类，后来逐渐变成不同形态的各类，但又不是一开头就同时变成了现在的各种各类，而是一代一代演化(相禅)的。

3. **科学观**

科学观是指人们对科学的起源、本质、作用、价值的看法，以及科学家在社会中的地位，但和科学社会史不同。科学社会史，例如罗伯特·默顿的《17世纪英国的科学、技术与社会》(Science, Technology and Society in the 17th Century England)，它是用新教伦理和当时英格兰工业发展的需要来解释英格兰的科学为什么在17世纪得到突飞猛进。而科学思想史中的科学观则不具体讨论某一时期科学、技术与社会的关系，而是追述某一时期人们对科学技术的看法。在这方面，战国时期的《世本·作篇》可以说是一个典型。可惜该书已失传。根据清代人的辑佚来看，它所反映的思想和《易·系辞下》、《韩非子·五蠹》篇差不多。《五蠹》篇说：

> 上古之世，人民少而禽兽众，人民不胜禽兽虫蛇。有圣人作，构木为巢，以避群害，而民悦之，使王天下，号之曰“有巢氏”。民食果蓏蚌蛤，腥臊恶臭而伤腹胃，民多疾病。有圣人作，钻燧取火以化腥臊，而民悦之，使王天下，号之曰“燧人氏”。
>
> 中古之世，天下大水，而鲧、禹决渎。
>
> 近古之世，桀、纣暴乱，而汤、武征伐。

在韩非看来，上古之世是那些技术发明家被尊为“圣人”；中古之世的“圣人”，也是与自然界作斗争的英雄；近古之世的“圣人”，其功绩则主要是征伐了。当今之世的“圣人”怎样呢？《五蠹》篇接着以“守株待兔”的故事做比喻，说明时代不同，任务不同，当今的“圣人”和“王者”不仅不能去构巢、钻燧，而且也不能把从事这类工作的人当做“圣人”。人类征服自然的能力不断提高，人类的数量不断增多，群体越来越大，社会结构越来越复杂，管理工作越来越重要，产生了阶级和分工，一部落人为了保证自己的利益，不得不用暴力和说教迫使和诱惑另一部落人服从，于是政治家、军事家、思想家应运而生，他们成了人类社会的主角，成了“圣人”和英雄。生产还必须进行，科学也还需要发展，但比起政治、经济、军事工作来，重要性、紧迫性就要差一些，科学家的地位也就不能不排在政治家、军事家、思想家的后面了。这不只是儒家的看法，法家也是一样，《五蠹》篇就是一个有力的证据。这种排位方法，在未来相当长的一段时期里，恐怕还不会变，这是历史的必然！

4. **方法论**

拉普拉斯在他的《宇宙体系论》(1796)里说：“有些科学家只注意首先提出一个原理的优越性，可是他们却没有弄清楚建立这个原理的方法，这样便将自然科学的一些部门，导入古人神秘论，而使其成为无意义的解释。”殊不知“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步，甚至对于他本人的荣誉，并不比发现本身更少用处”。(上海译文出版社，1978年中译本，第444—445页)近代科学和古代科学的区别，除了知识更加系统以外，最本质的一点就是方法上的区别。萨顿说：“直到14世纪末，东方人和西方人是在企图解决同样性质的问题时共同工作的，从16世纪开始，他们走上不同的道路。分歧的基本原因，虽然不是惟一的原因，是西方科学家领悟了实验的方法并加以利用，而东方的科学家却未领悟它。”(《科学的历史研究》，刘兵等1990年

中译本,第 5 页)因此,方法史的研究必然要成为科学思想史的组成部分。

成为近代科学诞生的标志之一的方法论著作——弗朗西斯·培根的《新工具论》(1620),是针对亚里士多德的逻辑学著作《工具论》而言的。前者重演绎,有著名的三段论法,后者强调知识要以实验为基础,重归纳。很多人以中国没有能产生这样两部关于逻辑学的伟大著作而深感遗憾,甚至认为今天中国科学落后是由于这个原因造成的。事实上未必如此。逻辑和语法一样,中国古代没有语法书,不等于中国人就不会说话写文章;中国没有系统性的逻辑学著作,不等于中国人就不会逻辑思维;更何况逻辑思维也不是万能工具。爱因斯坦说:

> 纯粹的逻辑思维不能给我们带来任何关于经验世界的知识;一切关于实在的知识,都是从经验开始,又终结于经验。用纯粹逻辑方法所得到的命题,对于实在来说完全是空洞的。由于伽利略看到了这一点,尤其是由于他向科学界谆谆不倦地教导了这一点,他才成为近代物理学之父——事实上也成为整个近代科学之父。(许良英等编译:《爱因斯坦文集》,第 1 卷,313 页)

从爱因斯坦的这一论点出发,我们觉得朱熹把《大学》和《中庸》从《礼记》中独立出来单独成书,具有重要意义。

"中庸"这个词本身就有方法论的意义。《中庸》书中还有一套完整的关于治学方法的论述,共分三段。第一段是:"博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之。"这勾画出了做学问的基本步骤和方法:第一步"学"是获取信息。第二步"问"是发现问题和提出问题。第三步"思"是处理信息,用各种逻辑方法,进行推理,得出结论。至于结论是否正确,那就要进行第四步"辨"。辨明白了,如果正确,那就要坚持真理,一往无前地去执行,那就是第五步"笃行之"。朱熹把这五个步骤做了详细的注解,并且提出"学不止是读书,凡做事皆是学","自古无关门读书的圣贤",要"于见闻上多做功夫"。所谓"见闻",朱熹在这里没有明说,从他一生的实践来看,应该是包括对自然的观察在内的。

"科学"一词源于拉丁文 Scientia(知识),希腊文中没有这个词汇(汪子嵩:《希腊哲学史》,第 85 页,人民出版社 1988 年版),1830 年左右法国实证主义哲学家孔德才使用这个词(science),意指将研究对象分为众多学科去研究的学问,与众学科之统辖的学问(philosophy)相对应。1874 年日本学者西周(1829—1897)将这两个词译成科学和哲学,于上世纪末传来中国之前,中国与"科学"相应的词汇为"格物"或"格致"。"格致"即格物致知的简称。"致知在格物,物格而后知至",这句话也有方法论的意义。它在《礼记·大学》中沉睡了 1 000 多年,无人注意,朱熹把《大学》独立成为一本书并且写了"补《大学》格物致知传"后,它成了一个术语,从而受人注意起来。朱熹的"物"本来包罗万象,包含有人文和自然两方面的意思,但后来的人多从自然方面去理解,从而提高了人们认识物质世界的自觉程度,可以说是一个进步。宋代朱中有认为研究潮汐的学问是格物,王厚斋和叶大有认为植物学是格物,金代刘祁认为本草学是格物,宋云公认为医学是格物,元代四大名医之一的朱震亨干脆把自己的医学著作名为《格致余论》,明代李时珍和宋应星都把自己的工作认为是格物,徐光启和利玛窦在译《几何原本》的"序"中,就直接把它等同于现在的自然科学了。

三　中国传统科学的思维模式

亚里士多德和培根，都把自己的逻辑学著作称为“工具论”。逻辑，作为思维的工具，不含有思维对象的任何内容，如归纳、演绎、分析、综合，等等，都只是人们研究问题时所用的方法，不因时代而异。当今思想界所注意的思维模式，用库恩（Thomas S. Kuhn）的话来说，就是“范式”，则是历史的产物。它在某一历史时期被创造出来，并在某一历史时期趋于消灭。思维模式的变化，反映着人类思维的进步和发展，或是深化，或是拓广。

思维模式，表现为一些范畴、命题、观点，直至系统的理论和学说，它是一种大的框架。在一定的历史时期内，某一科学共同体就用这框架来描述自己置身其中的世界。我们认为阴阳、五行、气就是中国传统科学的三大范式，各门学科都用它来说明自己的研究对象，如伯阳父在论述地震的原因时说：“阳伏而不能出，阴迫而不能蒸，于是有地震。”（《国语·周语（上）》）

1．**阴阳**

正式把阴、阳作为相互联系和相互对立的哲学范畴来解释各种现象，开始于《易·系辞》。《易·系辞上》提出：“一阴一阳之谓道，继之者善也，成之者性也。”《易·系辞下》又引孔子的话说：“乾坤其《易》之门也！乾，阳物也；坤，阴物也。阴阳合德而刚柔有体，以体天地之撰，以通神明之德。”这就是说，宇宙间所有事物的运动、变化，都离不开阴阳。在物质世界中，最大的阳性物体是天，最大的阴性物体是地。当时认为天动地静，动是刚健的表现，静是柔顺的表现，所以又将动静、刚柔和阴阳联系起来了。《易·系辞》又说：“动静有常，刚柔断矣”（上），“刚柔相推而生变化”（上），“穷则变，变则通，通则久”（下）。中国科学院软件研究所唐稚松院士将《易·系辞》中的这些论述与计算机软件设计中的动态语义（算法过程的执行部分）和静态语义（定义部分）结合起来，提出 XYZ 系统，用静态语义形式验证的方法作为手段，找出防止起破坏作用的动态语义性质，解决了 40 多年来计算机软件设计中的一大难题，从而获得 1989 年国家自然科学一等奖。日本软件工程权威 SRA 技术总裁岸田孝一于 1995 年 12 月 4 日在《朝日新闻》（夕刊）发表专文介绍 XYZ 系统时说：“虽然这系统所采用的基础数学理论来源于西方，但构造此系统的哲学思想却来自中国，这也许可以说是东方文明对于新的 21 世纪计算机技术发展的一大贡献吧！”

2．**五行**

“五行”一词首见于《尚书·夏书·甘誓》，但只有“五行”两个字，没有具体内容。《尚书·周书·洪范》中有详细的记载：

> 五行：一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穑。润下作咸，炎上作苦，曲直作酸，从革作辛，稼穑作甘。

《洪范》在今文《尚书》中列入《周书》，而《左传》引《洪范》文句则称为《商书》，因为这是武王克商以后，向被俘的殷商知识分子征询意见时与箕子的谈话。有人认为这篇文章长篇大论，可能是战国时期的作品。我们认为《洪范》这篇文章可能晚出，但其中关于五行的这段话是有根据的，是西周时期的思想。据《左传》记载，春秋时期各国贵族已在阅读《洪范》，《国语·郑语》更载有史伯曾对郑桓公（做过周幽王的卿士）说过：夫和实生物，同则不继。以它平它谓之和，故能丰长而物生之。若以同裨同，尽乃弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂以成百物。

史伯的这段话很有意思。第一，他认为不纯才成其为自然界，完全的纯是没有的。第二，不同的物质相互作用和结合（“以它平它”），自然界才能得到发展。第三，不但把金、木、水、火、土五种物质都提出来了，而且认为它们互相结合（“杂”）可以组成各种物质，这就有“元素”的意义在内。第四，史伯说，这不是他自己的看法，在他之前就有了。

从以上的两段引文可以看出，五行的次序在《尚书》和《国语》这两本书中就有所不同：

《尚书》：水、火、木、金、土。

《国语》：土、金、木、水、火。

这两种排列的不同，看不出有什么意义。可能是前者认为水最重要，最原始；后者认为土最主要，更原始。到了《管子·五行》篇，其排列次序就有相互转化的意义了：

木→火→土→金→水→木 (1)

此即所谓相生之序。与此相反，还有一个相胜之序，是由战国时期的邹衍提出来的，即木克土，土克水，水克火，火克金，金克木。若以符号表示可写为：

木＞土＞水＞火＞金＞木 (2)

汉代董仲舒既讲五行相生，又讲五行相胜。他发现，这中间有个微妙关系：若按相生排列(1)，则“比相生而间相胜”，即相邻的相生，如木生火；相间隔的相胜，如木克土。反之，如按相克的次序排列(2)，则“比相胜而间相生”。

从相生、相胜原理又可推导出另外两个原理：(3)相制原理，(4)相化原理。前者是由相胜原理推导出来的，是说一种过程可以被另一种过程所抑制。例如金克木（刀可以砍树），但火克金（火可以使刀熔化变弱），这就抑制了金克木的作用。相化原理是由相胜原理和相生原理结合推导出来的，是说一种过程可以被另一种过程掩盖。例如金克木，但水可以生木，如果植树造林（水生木）的过程大于砍伐（金克木）的速度，那么金克木的过程就可能显示不出来。

如果说相生、相胜原理是一种定性的研究，那么相制、相化原理就含有定量的因素，结果取决于速度、数量和比率。由此再前进一步，墨家和兵家就提出了一个更重要的，具有辩证意义的原理。《孙子·虚实》篇说：“五行无常胜。”《墨子·经下》：“五行无常胜，说在宜。”《经说下》的解释是：“火烁金，火多也；金靡炭（木），金多也。”就是说，五行相克的次序，不一定都是对的，关键取决于数量。火克金是因为火多，火少了就不行；金克木，金也得有一定数量。《孟子·告子》篇里把这个道理说得更生动：水能灭火，但用“一杯水，救一车薪之火”，不但不能灭火，反而使火烧得更旺。“杯水车薪”这个成语至今仍为人们所常用。

五行理论不仅把金、木、水、火、土当做五种基本物质来讨论它们之间的这些关系，而且把它符号化，认为各代表着一类东西，如木在五色方面代表青，在天干方面代表甲乙，在五味方面代表酸，在五音方面代表角，……这样，就把整个世界（包括社会方面）都纳入这个框架中了，当然不免有牵强附会之处。但总的来说，在认识世界和改造世界方面还是起了积极作用的。王充在《论衡·物势篇》里说得好：

> 天用五行之气生万物，人用万物作万事。不能相制，不能相使；不相贼害（克），不成为用。金不贼木，木不成用；火不烁金，金不成器。故诸物相贼相利。

因为火克金，人类才可以把金属加工成各种工具和器物；因为金克木，人类又用金属把木材加工成各种工具和器物。保存至今的许多文化遗迹、遗物，都是在这两类工具的结合下产生的。这就是“诸物相贼相利”。人类又利用了水生木的原理进行农业生产，利用木生火的原理把农

产品和肉类加工煮熟，吃得舒服，才能持续发展到今天。

3. **气**

最早注意到气的重要性的仍然是我们在谈阴阳时所引的《国语·周语》中伯阳父的话：“夫天地之气，不失其序。若过其序，民乱之也。阳伏而不能出，阴迫而不能蒸，于是有地震。”《老子》也说：“万物负阴而抱阳，冲气以为和。”伯阳父和《老子》都认为天地之气有一定的秩序，阴阳两种力量相互作用的结果，有时可以使这种秩序受到破坏。这样，就把气提高到和自然界最基本的两种性质(阴阳)相等的地位。如果阴阳更多地表现在能量方面的话，气就更多地表现在质量方面。然而，把气当做万物的本原说得最系统的还是《管子·内业》篇：“凡物之精，比则为生。下生五谷，上为列星；流于天地之间，谓之鬼神；藏于胸中，谓之圣人；是故名气。”这里说得很明确，从天上的星辰到地上的五谷，都是由气构成的；所谓“鬼神”，也是变化莫测流动于天地之间的气；圣人有智慧，也是因为他胸中藏有很多气。万物都是气变化和运动的结果，但总离不开气(“化不易气”)。

值得注意的是，这段引文的开头有一个“精”字。“精”和“粗”是相对的。精原意指细米。《庄子·人间世》说：“鼓荚播精，足以食十人。”司马彪注：“鼓，簸也。小箕曰荚。简(细)米曰精。”同理，精气就不是一般的呼吸之气、蒸气、云气、烟气之类的东西了，而是比这些气更细微的东西。它和普通的气一样没有固定的形状，小到看不见，摸不着，但又无所不在，又可能转化聚集成各种有形的物质，这就是《管子·心术(上)》篇说的“动不见其形，施不见其得，万物皆以得”。

《吕氏春秋》亦言及精气。《尽数》篇认为，鸟的飞翔，兽的行走，珠玉的光亮，树木的茂长，圣人的智慧，都是精气聚集的表现。

到了汉代，又出现了“元气”一词。董仲舒说：“元，犹原也，其义以随天地终始也，……故元者为万物之本，而人之元在焉。安在乎？乃在天地之前。”(《春秋繁露·重政》)但是汉代多数人的观点是：元气是从虚无中产生的。《淮南子·天文训》说：“道始于虚廓，虚廓生宇宙，宇宙生气，气有涯垠(广延性)，清阳(扬)者薄靡而为天，重浊者凝滞而为地。”这段话表示，气有广袤性，有轻重、动静的属性，天地是从气演化而来的，但气是从虚廓中通过时空(“宇宙”)而产生的。

到了宋代，张载提出“虚空即气”或“太虚即气”的命题，把关于气的理论推向了一个新的高度。他说：“气之聚散于太虚，犹冰凝释于水，知太虚即气则无无”(《正蒙·太和》)，即无形的虚空是气散而未聚的状态，“无”乃是“有”的一种形态，只是看不见，并非无有。他说：“气也者，非待其蒸郁凝聚，接于目而后知之；苟健顺动止，浩然湛然之得言，皆可名文象尔。”(《正蒙·神化》)“凡象皆气也。”(《正蒙·乾称》)这就是说，气不一定是有形可见的东西，凡是有运动静止、广度深度，并且和有形的实物可以互相转化的客观实在，都是气。这就和现代物理学中的“场”有点相似了。中国科学院物理研究所何祚庥院士不久将有《元气与场》一书出版，可以参考。简言之，场是物质存在的两种基本形态之一。场本身具有能量、动量和质量；它存在于整个空间，而且在一定条件下和实物相互转化。

阴阳、五行、气，这三大范畴，在这里我们是分别叙述的，但实际运用中又是互相结合的。唐代的李筌在《阴符经疏》中说：“天地则阴阳之二气，气中有子，名曰五行。五行者，天地阴阳之用也，万物从而生焉。万物则五行之子也。”五行是构成万物的五种元素，但不是最基本元素，五行是从属于天地阴阳的，而气则充满于空间。2000多年来，中国学者们就是从这一大的框架出发来描述世界的，各个时代、各个学派、各个学科在具体运用时，都有其自己的特点，这

就留待各章叙述了。

四　本书的写法

《简明不列颠百科全书·科学史》(1974年英文版,1985年中译本)条目中说:"科学思想是环境(包括技术、应用、政治、宗教)的产物,研究不同时代的科学思想,应避免从现代的观点出发,而需力求确切地以当时的概念体系为背景。"这个观点很重要。恩格斯在为马克思《资本论》第三卷写的序中,也早已指出:"研究科学问题的人,最要紧的是对他所要利用的著作,需要照著者写这个著作的本来的样子去读,并且最要紧的是不把著作中没有的东西包括进去。"(人民出版社1975年中译本,第26页)。我们认为,说《老子》中已有原子核概念,《周易》中已有遗传密码,就不是实事求是的态度。本书力图在详尽占有原始材料的基础上,根据当时的历史、文化背景,对每一历史时期的科学思想,尽量做客观的叙述,结论可能与时下流行的一些观点不同,作为一家之言,提供讨论。

以时代先后为序,按历史发展阶段来写,这是目前已出版的几部中国科学思想史的共同特点。但在每一历史阶段中,又各自采用了不同的形式。或按著作,或按人物,如董英哲的《中国科学思想史》(1990),写了30个人物和7本书;或按学科,如郭金彬的《中国传统科学思想论史》(1993)是分8个学科(数理化天地生农医)写的;或按学派,如袁运开、周翰光的《中国科学思想史》(上)(1998),既按学派,也按学科。李瑶的《中国古代科技思想史稿》(1995)则另有特色,综合性较强,但只从春秋战国时期写起。我们认为,人是自然界的一部分,又是自然界发展到一定程度的产物。人类学会制造工具以后,才和其他动物区别开来。打击取石和摩擦取火,既是重要的技术发明,也是人们对自然物具有了一定的知识(科学)并经过思考的结果,可以说科学技术和科学思想是同步发展的,而且是从人和动物区别开来以后就开始了。把科学理解为以逻辑、数学和实验相结合取得的系统化了的实证知识,那只是对17世纪以后的近代科学而言,并且主要是指物理学。现在多数人认为:自然科学就是人们对自然的认识,这认识有浅有深,有对有错,是一条不断发展的历史长河。因而本书第一章还是从远古写到东周初年。

1. 巫术

写原始社会,在谈到科学思想起源的时候,不可避免地要涉及它和巫术(包括咒病术、咒人术、星占术等)、神话以及宗教的关系,这也是第一章的内容。神话和巫术的出现表明,人类开始从自己的现实能力之中分离或升华出了一种幻想的能力,这种幻想虽然能使人类的判断误入歧途,却是人类思维发展的一个阶梯。从此,如果借助神灵来实现自己的愿望,就走上了宗教的道路;如果借助现实的力量去实现自己的愿望,用真实的自然力或人力去代替幻想中的巫力,就走上了科学的道路。但是,直到今日,人类也无法完全用现实的力量满足自己的愿望,所以宗教和巫术依然存在,只是信的人少了,形式也有所改变。正如列宁在读到毕达哥拉斯关于灵魂的学说时所说:"注意,科学思维的萌芽同宗教、神话之类的幻想有一种联系。而今天呢!同样,还是有那种联系,只是科学和神话的比例却不同了。"(《哲学笔记》,人民出版社,1974年中译本,275页)

2. 百家争鸣

春秋战国时期(前770—前221),诸子蜂起,百家争鸣。他们在讨论政治、社会问题的同时,也触及许多自然科学的问题。从科学思想史的角度来看,影响更大。前面谈到的思维模式(范式),阴阳、五行、气,都是这一时期形成的,无疑应该重点叙述。但李约瑟在他的《中国科学

技术史》第二卷《科学思想史》中已经把全书一半以上的篇幅用在这一时期了。为了避免重复,我们在第二章中就不再分学派叙述,而是以研究对象为标题,如"运动观与变化观"、"逻辑与思维"等,将各家论点集中在一起,这样更容易看出他们之间的异同,只有最后一节"《周易》的世界图像"例外。

3. **天人感应**

第三章"秦汉时期的科学思想"以董仲舒的天人感应说为主。这一学说的特点是与《易·系辞》中的"天垂象,见吉凶"不同。"天垂象,见吉凶"是一种神学观念。它把天象看做是神对人的指示;神为什么发出这样指示,而不发出别样指示,那是神的事,人就不要问了。董仲舒的天人感应说则有一套逻辑推理。第一,物与物之间,"同类相感","气同则会,声比则应","试调琴瑟而错之,鼓其宫,则他宫应之;鼓其商,则他商应之。五音比而自鸣,非有神,其数然也。"(《春秋繁露·同类相动》)数即规律,在这里,他首先把神排除在外了。第二,他在《春秋繁露》中又写了一篇《人副天数》,论证人和天地是同一类的物,而且具有特殊关系:"天地之精所生以物者,莫贵于人;人受命乎天也,故超然有以倚。"第三,"人主以好恶喜怒变习俗,而天以暖清寒暑化草木。喜乐时而当,则岁美;不时而妄,则岁恶。天地人主一也。……人主当喜而怒,当怒而喜,必为乱世矣。"(《春秋繁露·王道通三》,三者,天地人也。)君主喜怒无常,必然赏罚无度,以致天下大乱,天上阴阳二气就会失序,就会出现异常现象,发生灾害和怪异,因而他在《春秋繁露》中用了大量的篇幅研究阴阳二气的性质及其相互作用。

正因为董仲舒的天人感应论的基础是同类相感而气是感应的中介,后来王充批判他也就从这一点开刀。王充认为:"人之精乃气也,气乃力也"(《论衡·儒增篇》),"气之所加,远近有差"(《论衡·寒温篇》),"天至高大,人至卑小,……以七尺之细形,感皇天之大气,其无分铢之验,必也。"(《论衡·变动篇》)考虑到物体之间的相互作用"乃力也",而力的大小和距离(远近)以及物体本身的大小(没有意识到是质量)有关系,这是中国科学思想史上非常光辉的一页,可惜无人注意。

王充从理论上否认了人的德行不能感动天,又回到先秦道家的天道自然,但不是简单的回归。他说:"道家论自然,不知引物事验其言行,故自然之说未见信也。"(《论衡·自然篇》)这就从方法论上向前迈了一大步。注重观察和验证,这是王充科学思想的又一特点。

王充《论衡》虽写于汉代,但发挥作用则在魏晋南北朝时期。第四章首先论述了《论衡》与魏晋玄学的关系。魏晋玄学的三大代表作,王弼的《老子注》、《周易注》和郭象的《庄子注》,无一不受《论衡》的影响。郭象在《庄子注》中说:"上知造物无主,下知有物之自造","物各自造而待焉,安而任之必自变化",是这一思想的杰出代表。杨泉《物理论》、张华《博物志》、嵇含《南方草木状》、嵇康《声无哀乐论》等都是这一思想的反映。杜预在作《春秋长历》时提出"当顺天以求合,非为合以验天",更是天道自然在天文学中的运用,用今天的话说,就是人为的历法要符合天象,而不是让天象去符合历法。杜预认为,后一种作法无异于"欲度己之迹,而削他人之足",而汉代历法常有这种削足适履的现象。杜预把这种颠倒了的关系颠倒了过来,这就为祖冲之在大明历中进行一系列改革准备了思想条件,也成为以后的许多历法家遵守的一条准则。

4. **天人交相胜**

隋唐时期(第五章)理论兴趣浓厚起来,在天文学上有一行(张遂)的《大衍历议》,在地理学上有封演、窦叔蒙等人的潮汐理论,在化学方面有张九垓的《金石灵砂论》,在医学方面有巢元方的《诸病原候论》,在科学思想方面最大的成就则是刘禹锡的《天论》。《天论》认为天人感应论和天道自然说都是错的,提出"天人交相胜"说。刘禹锡认为,天的职能在于生殖万物,其用在强弱(强

有力者胜,有点像达尔文的进化论);人的职能在于用法制来管理社会,其用在是非。在这里,第一次把自然现象和社会现象区别开来,而且抛弃了从神学中演变出来的“天道”概念,这是一大进步。人胜天,是指人能利用自然和改造自然;天胜人是指人类尚不能认识和控制的自然过程,以及人类社会法制松弛,是非不明,强力、欺诈等现象的发生。这就是“天人交相胜”。

刘禹锡不但用“天理”、“人理”把自然界的规律和人类社会的规律区别了开来,而且企图用“数”和“势”两个概念来说明自然的规律。他在《天论》中以水与船为例,说:“夫物之合并,必有数存乎其间焉。数存,然后势形乎其间焉。一以沉,一以济,适当其数,乘其势耳。彼势之附乎物而生,犹影响也。”数,指物的数量规定,包括大小、多少等;势,指数量的对比。任何物都有自己的数量规定,数量的对比形成了势。势有高下、缓急。数小而势缓,人们容易认识,这就是“理明”;数大而势急,人们不容易认识,这就是“理昧”。刘禹锡在这里讲“理”,已经不用阴阳、五行等笼统概念来叙述,而是用数、势和运动特点来描述,这就为宋代理学家们“即物穷理”开了先河。不过他把天理说成是恶和乱,一般人很难接受,就连他的好朋友柳宗元也反对,所以宋代学者在接受他的“理”的概念的同时,却把 “天理”变成了真善美的代名词,所谓“存天理,灭人欲”是也。

5. **中国科学的高峰、衰落和复苏**

第六章包括宋元明三代,时间跨度大,内容也多,是篇幅最长的一章。被胡适称为“中国文艺复兴时期”的宋代,也是中国传统科学走向近代化的第一次尝试。这时,完全、彻底抛弃了天道、地道、人道这些陈旧的概念,而以“理”来诠释世界。在朱熹的著作中,理有三重涵义:一是自然规律(“所以然”),二是道德标准(“所当然”),三是世界的本原(“未有天地之先,毕竟也只是理”)。但他说“上而无极太极,下而至于一草一木一昆虫之微,亦各有理。一书不读,则缺了一书的道理;一事不穷,则缺了一事道理;一物不格,则缺了一物道理”(《朱子语类》卷 15),这就把认识世界提高到重要地位上来了。他又把《大学》、《中庸》从《礼记》中独立出来与《论语》、《孟子》并列为“四书”,加以注解,汇集成《四书章句集注》,简称《四书集注》,鼓励大家来读,这也是一个不寻常的举动。虽然《论语》和《孟子》并无现代意义上的民主思想,《大学》和《中庸》亦无现代意义上的科学思想,但前者的“爱仁”与“民本”思想,后者的“格物致知”与“参天化育”说,都是中国传统文化中最接近民主和科学的成分。

明初朱元璋于洪武二十七年(1394)命翰林学士刘三吾,将《孟子》全书删掉 46.9%,编成《孟子节文》。从被删掉的内容,如“君之视臣如土芥,则臣视君如寇仇”,“君有大过则谏,反复之而不听,则易位”,“闻诛一夫纣矣,未闻弑君也”,等等,就可以看出孟子思想中闪闪发光的部分。还有,《孟子》中的“天之高也,星辰之远也,苟求其故,则千岁之日至,可坐而致也”的“求故”思想,也是追求真理的科学精神。明末天文学家王锡阐认为历法工作有两个要点,一是革新,二是知故。我国近代科学的先驱者李善兰在介绍赫歇耳的《谈天》时一连说了三个“求其故”,把从哥白尼经开普勒到牛顿关于太阳系的结构及行星运动的认识过程说得清清楚楚,认为他们的成果都是善求其故取得的。现在我们提倡创新,《大学》中的创新精神也很明朗,引汤之《盘铭》曰:“苟日新,日日新,又日新”;引《康诰》曰:“作新民”;引《诗》曰:“周虽旧邦,其命维新”;结论是:“是故君子无所不用其极”,也就是说要全力创新。

宋代新儒学虽有唯心主义的一面,但他们追求理性的精神和创新的精神,无疑有推动科学发展的作用。宋元科学高峰期的出现,这是一个因素。科学技术在短命的元代继续发展可以说是宋代高潮的强弩之末,这强弩之末由于明代初期的文化专制而完全泯没。朱元璋除删节《孟子》外,又大杀旧臣,废宰相制,大兴文字狱,创建八股考试制度,这一系列的倒行逆施,不能

不对科学的衰落负重大责任。

在明代中叶以后,伴随着经济史学家所称的"资本主义萌芽"和思想史家所称的"实学思潮"的兴起,中国科学又开始复苏。在晚明67年间出现了具有世界水平的9部著作:李时珍《本草纲目》(1578)、朱载堉《律学新说》(1584)、潘季训《河防一览》(1590)、程大位《算法统宗》(1592)、屠本峻《闽中海错疏》(1596)、徐光启《农政全书》(1633)、宋应星《天工开物》(1637)、徐霞客《徐霞客游记》(1640)、吴有性(又可)《瘟疫论》(1642)。其频率之高和学科范围之广,都是空前的。而且这一时期有两个特点:一是在方法上,他们已自觉地开始注意考察、分类、实验和数据处理;二是开始体制化,隆庆二年(1568)在北京成立的一体堂宅仁医会,由46位名医组成,有完整的宣言和章程,是世界上第一个科学社团,比英国皇家学会(1662)和法国皇家科学院(1666)都早。可惜这一良好势头没有得到发展,由于明廷腐败和清军入关,使中国科学的发展又一次受到挫折。

6. **对待西学的三种态度和三种理论**

随着以利玛窦为代表的耶稣会传教士的东来,在1600年左右中国科学开始与西方科学对接,所以我们把明清之际另列一章(第七章),专门讨论此一时期的思想脉络。

首先,在是否接受西方科学的问题上有三种态度:一为全盘拒绝,以冷守中、魏文魁、杨光先为代表;二为全盘接收,以徐光启和李之藻为代表;三为批判接受,以王锡阐和梅文鼎为代表。如果把这些人的文化水平分析一下,就会发现,接受派都是科学素养较高的人。正如李约瑟所说:"东西方的数学、天文学和物理学一拍即合。"(潘吉星主编《李约瑟文集》,第196页)这"一拍即合"最突出地表现在对欧几里得《几何原本》的翻译和评价上。这本书中国人从来没见过,但徐光启和利玛窦配合,仅用一年时间就将前六卷译出(初版1607年),并且得到中国知识界的高度赞赏。

在接受西学的旗帜下,又有三种理论出现:一曰中西会通,二曰西学中源,三曰中体西用。"会通"一词源自《易·系辞上》"圣人有以见天下之动而观其会通",徐光启把它用在沟通中西历法上,认为"欲求超胜,必须会通;会通之前,先须翻译","翻译既有端绪,然后令甄明'大统',深知法意者参评考定,熔彼方之材质,入'大统'之型模,譬如作室者,规范尺寸一一如前,而木石瓦甓悉皆精好,百千万年必无敝坏。"(《徐光启文集》,下册,374—375页,1984年)按照这段话的原意,徐光启是要在保持大统历框架不变的情况下,采用中西方最好的数据、理论和方法,写出一部新的历法。可惜《崇祯历书》还没有译完他就去世,会通和超胜工作也就没有做。

从表面上看来,西学中源说也是做会通工作,但是他们的会通走上了邪路。此说肇始于熊明遇和陈荩模,后经明末三位杰出遗民学者(黄宗羲、方以智和王锡阐)的发挥、清初"圣祖仁皇帝"康熙的多方提倡、"国朝历算第一名家"梅文鼎的大力阐扬,成为清代的主导思想。这个学说有个演变过程:起初只是说西方科技和中国古代的有相同之处,后来则成为西方的科学技术是早年由中国传去的,甚至是偷过去的;其后果是:要想得到先进的科学技术,不必向西方学习,不必自己研究,只要到古书中去找就行。于是乾嘉时期考据之学大盛,大家都要回归"六经",它里面不仅有治国平天下的办法,也有先进的科学技术。正当我们的先辈们把"回归六经"作为自己的奋斗目标的时候,西方的科学技术却迈开了前所未有的步伐。直到西方人的坚船利炮打开了我们的大门,才恍然大悟,发现自己的科学技术大大落后了,我们非"师夷之长"不可了。

如何师夷之长?这又有个新的理论出来,即"中学为体,西学为用"。从表面上看来,这个说法似乎是徐光启"熔彼方之材质,入'大统'之型模"在新形势下的翻版,但实质上却有更深更

宽一层的内容,即要在保持中国封建君主体制不变的情况下,吸收西方科学技术。此说酝酿于洋务运动期间。中日甲午(1894)战争以后,沈毓芬明确提出,1898年张之洞(1837—1909)在《劝学篇》中系统阐发,遂成为清廷的一种政策。这政策本来是用于对抗康有为、梁启超的戊戌(1898)维新运动,却没有想到它为辛亥(1911)革命创造了条件。辛亥革命发生在武汉,正是张之洞在那里练新军、办工厂、修铁路、设学堂和派遣留学生(黄兴、宋教仁和蔡锷等)的结果,所以孙中山先生说:"张之洞是不言革命的大革命家。"历史就是这样,效果有时和动机正好相反。张之洞没有想到,他要捍卫的清王朝在他死后不到两年就完了,从此历史翻开新的一页,本书任务也就到此为止。

本书共七章,前五章由中国社会科学院世界宗教研究所研究员李申完成。第六章由中国科学院自然科学史研究所研究员汪前进完成。第七章由曾任中国科学院上海天文台研究员、现任上海交通大学科学史和科学哲学系主任的江晓原完成。从1988年以来,10年期间,他们为这本书的写作,付出了大量的心血,力求高质量、高水平,但是几个人的能力毕竟有限,错谬之处在所难免,衷心欢迎读者多提意见,以便再版改正。

1998年11月26日

〔席泽宗主编:《中国科学技术史·科学思想卷》,
北京,科学出版社,2001〕

钱临照先生对中国科学史事业的贡献

1996年1月，鲁大龙博士在第七届国际中国科学史会议上曾有一篇报告《钱临照与中国科技史》，就这一问题，谈之甚详[1,2]。在此之前，李志超教授也有过一篇《为钱临照先生献寿——从中国科技史学会到科大科学史研究室》[3]。今天，就我与钱老的多年亲身接触，再作一些补充，以庆祝他的铜像落成揭幕。

一　对李约瑟的影响

1954年我与钱老第一次见面时，他才48岁，但那时他已是著名的物理学家，在人生的道路上已有许多令人钦佩的事迹。关于这些事迹，1995年抗日战争胜利50周年时，他曾以《国破山河在，昆明草木春》为题，以回忆录形式，在《科技日报》上分为三次发表[4—6]。第三部分与科学史有关的一段是：

> 晚上孩子们睡了，老母以摸纸牌为戏，妻子利用闲时以绣花补贴家用，我则伏案看书写文章。三人围坐在一盏小油灯下，对于经历了战乱、尝过颠沛流离之苦的我们来说，也算是一种享受了，就在这种安定的气氛下，我写了《释墨经中之光学、力学诸条》一文。

钱老《释墨经中之光学、力学诸条》[7,8]一文，现在已被看做是“《墨经》研究的里程碑”[9]，它对李约瑟走上研究中国科技史的道路产生了深远的影响。1943年李约瑟到昆明访问时，正逢钱老完成他的这篇力作，钱老和他大谈这部世界上最早的系统性很强的光学著作。钱老谈得津津有味；李约瑟听得非常入神，他对中国先哲的成就大为惊讶，从而使他着手筹备编纂《中国科学技术史》。正如李约瑟研究所所长何丙郁所说：

> 不可错误地认为李约瑟是中国科技史研究的先驱。在本世纪前半期，一些中国前辈在这一领域已有相当的贡献，竺可桢、李俨、钱宝琮、钱临照、张资珙、刘仙洲、陈邦贤等，他们在后方，同李约瑟谈话时，自然会提到各学科的科学史问题，他们告诉他读什么书、买什么书和各门学科史中的关键要领等，这使李约瑟得到了很多的帮助和指导。[10]

这在李约瑟《中国科学技术史》第一卷中也可以明显地看出来。在他感谢的科学家的名单中，排在第一名的就是钱临照[11]。

二　对科技史事业重要性的论述

钱老在30多岁时就涉足中国科技史领域，写出《释墨经中之光学、力学诸条》这样颇具影

响的好文章，但因忙于实验物理的工作，一直到“文化大革命”结束以前，再没有过多地涉足科学史事业。20 世纪 70 年代中期，中国科学院自然科学史研究委员会正、副主任竺可桢(1890—1974)和叶企孙(1898—1977)去世后，钱老责无旁贷地成了中国科学史事业的带头人。如果说 1954 年竺可桢发表的《为什么要研究我国古代科学史?》[12]是建国以后科技史事业发展的第一个标志的话，1984 年钱临照发表的《应该重视科学技术史的学习和研究》[13]则是第二个标志。后者视野更广阔，把研究范围拓宽到了全世界。他说：

1998 年 4 月 22 日，钱临照先生与作者谈话

> 我之所以提倡科学技术史的学习和研究，首先是科学技术史为人类文明史的重要组成部分。开展科技史的研究，是一项基本的文化建设，属于一般智力投资，它在提高民族文化素质，进行唯物主义和国际主义教育以及中外文化交流等方面都有重要的意义。珍重本民族的科学遗产，是珍重自己历史，有自立于世界民族之林能力的标志之一。研究国外科学技术史，是汲取全人类智慧精华的一种途径，也是衡量有无求知于全世界决心的标志之一。因此，任何一个伟大的民族，总是十分重视科学技术史的教育和研究工作。一个不懂得本民族科技史，亦不了解世界科技史的民族，将不会成为一个伟大的有作为的民族！至今还认为科技史可有可无、可学可不学的观点，显然是不正确的；至于那种以为科学技术史与实现四个现代化没有多大关系的论点，则是对科学技术史的莫大误解。其实，科技史与实现四化有着密切的关系。……

文章最后说：

> 当前我们迫切需要提高对科学技术史意义的认识，有关部门应重视科学技术史的研究和教育工作，加强领导并在组织上和研究条件等方面给予一定的保障。科技史工作者更应进一步认识自己肩负的重任，在前辈科学史家开创的道路上，继承和发扬他们的史识和史德，刻苦钻研，写出更多更高水平的科学史著作。

这篇文章可以说是多年来钱老在各种场合为科学史事业奔走呼喊的总结。其中提到的前辈科学史家的“史识和史德”，这里没有说明，但从 1980 年 10 月 22 日他对我一篇文章的复信中可以有些了解：

大作《竺可桢与自然科学史研究》一文已详读一过，颇觉纪事翔实，立论允当，竺老形象跃然纸上，其中记述竺老治学三论，宜为我辈所宗，质之吾兄，不知然否？

拙文中所述竺可桢的三点治学精神是：

(1)不盲从，不附和，一以理智为依归。如遇横逆之境遇，则不屈不挠，不畏强暴，只问是非，不计利害。(2)虚怀若谷，不武断，不蛮横。(3)专心一致，实事求是，不作无病呻吟，严谨整饬毫不苟且。[14]

这也就是现在所说的科学精神，是竺可桢先生从哥白尼、布鲁诺、伽利略、开普勒、牛顿、波义耳等人身上总结出来的[15]。

三　对实验科学史的重视

1980年10月6至11日，中国科技史界270余人在北京隆重集会，成立了中国科学技术史学会。这次会议从筹备开始，即是在钱老的具体指导下进行的，会上大家又一致推选他为首任理事长。在他任职的三年期间(1980—1983)对学会的大政方针和人事安排，都做了妥善部署，为20年来的发展奠定了基础，并且以后始终关心着学会的工作。关于这方面的情况，留待将来再说，今天只谈这次成立大会上钱老对我的一次具体帮助。

在这次会上，我宣读了一篇短文《伽利略前2 000年甘德对木卫的发现》[16]。钱老听后说：

这件事很重要，是个新发现；但你只是文字考证，不能令人绝对信服。我建议，你组织青少年，到北京郊区做观测；如能成功，就有了强有力的说服力。

根据钱老指示，在1981年3月26日木星冲日之前的半个月(此时最容易观测)，由刘金沂负责，组织了由10个人组成的观测队，到河北兴隆山上用肉眼观察木卫，其中有8个人在3月10日和11日凌晨0时至1时30分连续两夜各自独立地看到了木卫三，有3个13岁的初中一年级学生看到了木卫三和木卫二，有一位还看到了木卫一，他们三人都能看到比$6^{m}.6$还暗的星，后来，我们从《1981年美国天文年历》得知，1981年3月11日0时44分木卫四被木星掩食，我们没能看到它，只是由于方位问题，而不是由于它的亮度不够。至此，我们以实践证明，木星的四颗“伽利略卫星”不用望远镜都能看到，木卫三尤其容易，而甘德的记录非常逼真[17]。这一结果发表后，轰动了全世界的天文界，国际天文学联合会主席、澳大利亚悉尼大学名誉教授布朗(R. H. Brown)说这是很有意义的一件事，钱老的同龄人、日本学士院院士、京都大学名誉教授薮内清则写了专文[18]介绍，认为这是实验天文学史的开始。

钱老在《纪念胡刚复先生百年诞辰》一文中精辟地指出：“众多的科学家之所以能做出杰出的贡献和获得丰硕的成果，其共同点都在于能摒弃形而上学，而以敏于观察、勤于实验为信仰所致。”[19]钱老在科学史领域除了倡导我做木卫的肉眼观察验证以外，在其后指导中国科技大学科学史研究室的工作中，更以实验性课题的特色，硕果累累。这里略举一二。华同旭博士的漏刻研究[20]，李志超教授的浑仪、浑象研究[21—23]，一个对应于时间，一个对应于空间，都是辛

辛苦苦动手做实验,取得了丰硕的成果;还有张秉伦教授和孙毅霖合作的秋石方复原实验[24],用铁一般的事实否定了李约瑟关于秋石为性激素的说法,名扬海外,颇得好评。

四　颂我古兮不薄今　扬我中兮不轻洋

在中国科学技术史学会第一届常务理事会上,讨论提交1981年第16届国际科学史大会论文时,钱老主张以中国古代科学史为主;在讨论1984年在北京召开的第三届国际中国科学史会议时,钱老又把国内论文录取范围限定在中国古代。这给人造成一种错觉,似乎他只注意中国古代科学史。其实不然。这从上引《应该重视科学技术史的学习和研究》一文的内容就可以看出来。他只是反对蜻蜓点水,不做深入研究,抄抄写写。他对李约瑟的《科学前哨》[25]一书评价甚高,在1994年5月20日给我的信中说:

> 此书虽小,较之《中国科学技术史》只能算是小书,但我认为与后者有同等价值。我国抗战八年,现存后方科学活动,记之维详,惟此一书而已,我们自己也无系统记载。……李约瑟尊重这段苦难中中国科学家的活动,名之曰《科学前哨》,意味深长,我国人不能不知。

在这本书的"前言"中,李约瑟夫妇对《科学前哨》(*Science Outpost*)这个书名的解释是:

> 并不是因为我们在中国,我们与中英科学合作馆的英国同事就自认为是科学前哨;而是我们大家,英国科学家和中国科学家一起,在中国西部构成了一个前哨。[26]
>
> 如果本书有什么永恒价值的话,是因为记录了一个伟大民族不可征服的执著,尽管不充分。……人们不需要敏锐的洞察力,就能看出整个一代人的奋发、牺牲、忍耐、信心与希望。与他们一起工作,我们非常自豪,因为今天的前哨将会是明天的中心和统帅部。[26]

今天的中国虽然还远远没有成为世界科学的"中心和统帅部",但新中国成立以来还是取得了很大的进展。对此钱老感到十分高兴。他在年近80岁的时候,出任《当代中国丛书》中的《中国科学院》卷主编,辛苦多年,成书上、中、下三册,洋洋150万言,对中国科学院前40年的历史,作了较为忠实的反映[27]。

颂我古兮不薄今,扬我中兮不轻洋。他曾亲自动笔写了长达4万多字的《西方历史上的宇宙理论评述》[28,29],主编了《世界著名科学家传记》丛书中的《物理学家》两册[30,31]。他对许良英研究爱因斯坦和戈革研究玻耳感到由衷的高兴,多次说到我们国家有两个这样的专家很好。他带领学生研究牛顿和阿拉伯光学家伊本·海赛姆(Ibn al-Haitham)等,并派石云里出国学习阿拉伯天文学史,可以说他是全方位的注意到了科学史的各个领域。如果说有缺点的话,就是注意"外史"不够。

五　尊师重道　为平反叶企孙冤案做出贡献

钱老对长辈非常尊重,对年轻人则严格要求,注意培养。1996年严济慈先生去世后,他写的《望桃李春色,仰蜡炬高风——回忆吾师严济慈先生的教育工作》[32],情节非常感人。"文革"期间,叶企孙先生以"特务"罪名受到监禁,出狱后仍然被定为"不可接触的人",钱老则多次

前往探视，促膝谈心，并于1982年发表《纪念物理学界的老前辈叶企孙先生》[33]一文，用过硬的材料，第一次公开肯定了叶先生1938年在天津从事的活动是爱国抗日活动，不是特务活动。这段材料来自他偶然读到的高叔平编著的《蔡元培年谱》。该书第140页上有录自蔡元培《杂记》中的一段文字：

> 叶企孙到香港，谈及平津理科大学生在天津制造炸药，轰炸敌军通过之桥梁，有成效。第一笔经费，借用清华大学备用之公款万余元，已用罄，须别筹。拟往访宋庆龄先生，请作函介绍，当即写一致孙夫人函，由企孙携去。

此事发生在1938年11月。他以此为线索，命研究生胡升华进行详细调查，写出硕士论文《叶企孙先生——一个爱国的、正直的教育家、科学家》，中共河北省委也以此为据，于1986年8月20日做出为所谓"叶企孙派到冀中地区的特务熊大缜"平反昭雪的决定，文曰：

> 熊大缜同志是1938年4月经我党之关系人叶企孙、孙鲁同志介绍，通过我平、津、保秘密交通站负责人张珍和我党在北平之秘密工作人员黄浩同志，到冀中军区参加抗日工作的爱国进步知识分子。当时，他放弃出国留学机会，推迟结婚，为拯救民族危亡，毅然投笔从戎。到冀中后，……他研制成功了高级烈性黄色炸药，用制造出的手榴弹、地雷、子弹等，武装了部队，提高了我军战斗力，还多次炸毁敌人列车。同时，他还通过各种渠道，利用叶企孙教授之捐款，聘请和介绍各方面技术人才到冀中参加抗战，……对冀中之抗战做出了不可磨灭的贡献。定熊大缜同志为国民党CC特务而处决，是无证据的，纯属冤案。因此，省委决定为熊大缜同志彻底平反昭雪，恢复名誉，按因公牺牲对待。凡确因熊大缜特务案件受到株连的同志和子女亲属，由所在单位党组织认真进行复查，做出正确结论，并做好善后工作。

至此，叶企孙的特务冤案才算彻底解决，而在这一解决的过程中，钱老支持的科学史研究又起了不小的作用[34]。

六　严格把关　热心培养青年

1978年5月，我去合肥到钱老家中做客，正碰上负责科大少年班的一位同志和他谈话，说过几天有位领导人要到少年班来参观，为了迎接，要布置教室，要钱老届时讲课如何如何。钱老大为不满，说这样弄虚作假，我不干，说这样做只能把小孩子带坏。那次谈话给我留下深刻的印象，觉得真是铁面无私，寸步不让。过了6年以后，钱老果然把这种严格认真的作风带到第三届国际中国科学史会议上来了。

第三届国际中国科学史会议定于1984年8月在北京召开。我向中国科学院写了一个报告，请求严东生副院长担任主席。严东生说：这事情还是得请钱老，钱老德高望重，有凝聚力。钱老接受任务后，1983年9月20日第一次和我见面，就提出了三点要求：

(一)国内学者参加会议必须凭论文。论文要密封审查。每篇文章要请三位专家审查，两人同意方可通过。不能采取分配名额办法，不搞照顾，不问年龄、性别、职称，大家一律平等。

(二)内容限于中国古代科学史，综述性文章不要，讨论中国近代科学落后原因之类的文章

不要。

（三）每篇文章包括参考文献在内，限定4 000字，超出字数者要求压缩；自己不愿压缩者，将来交超出部分的版面费。文章最好用英文写，如是中文，应有一页纸的详细英文摘要。

这三点要求，在当时的组织委员会讨论时，遭到了许多人的反对，尤其第三点，有人认为简直不可能，"科学史的文章，4 000字哪能说明问题"。后经让步，扩大为5 000字，但要严格执行。成立由杜石然、王奎克、艾素珍组成的审查小组，每篇文章由杜、王二人共同决定送谁审查，由艾执行，绝对保密。这样选拔的结果确实很好，一批年轻人，像刘钝、王渝生、罗见今、金正耀和马伯英等，得以脱颖而出，使外国人觉得我们确有人才，欣欣向荣。

国际中国科学史会议在英国剑桥开过第六届以后，到日本京都开第七届时被改名为国际东亚科学史会议，钱老对此事极为不满。1994年8月中国科学技术史学会第五次代表大会在北京怀柔召开之际，他明确提出，不管东亚科学史会议如何，国际中国科学史会议还要继续开下去。此一倡议，得到与会许多代表的热烈响应，中国科学院路甬祥院长也表示支持。此后，已于1996年1月在深圳开过第七届，1998年8月在柏林开过第八届，而今第九届正在酝酿中。

时间过得很快，钱老于去年7月26日逝世，至今已经8个多月了。今天，我们能有这么多的人来集会纪念他，交流学术，正表明他关心的科技史事业兴旺发达，后继有人。钱老如果有灵，亦当含笑于九泉。

（本文系2000年4月4日在中国科学技术大学举行的"纪念钱临照先生学术报告会"上的报告。）

参 考 文 献

[1] 鲁大龙.钱临照与中国科技史[J].中国科学史通讯，1996(11):123—132

[2] 鲁大龙.钱临照与中国科技史[A].王渝生、赵慧芝主编.第七届国际中国科学史会议文集[C].郑州:大象出版社，1999.133—138

[3] 李志超.为钱临照先生献寿——从中国科技史学会到科大科学史研究室[J].中国科学史通讯，1992(3)，173—177

[4] 钱临照.国破山河在，昆明草木春:入"虎穴"，仪器安全运昆明[J].科技日报，1995—11—13.

[5] 钱临照.国破山河在，昆明草木春:重应用，成批生产显微镜[J].科技日报，1995—11—20.

[6] 钱临照.国破山河在，昆明草木春:坚信念，克服困难苦作甜[J].科技日报，1995—11—27.

[7] 钱临照.释墨经中之光学、力学诸条[A].国立北平研究院编。李石曾先生60岁寿辰纪念论文集[C].国立北平研究院(昆明)，1943.135—162

[8] 钱临照.释墨经中之光学、力学诸条[A].方励之主编.科学史论集[C].合肥:中国科学技术大学出版社，1987.1—36

[9] 徐克明.墨经研究的里程碑.中国科技史料，1991(4):12—17

[10] 何丙郁.如何正视李约瑟博士的中国科技史研究.西北大学学报，1996(2):93

[11] 李约瑟.中国科学技术史·第一卷:导论[M].袁翰青、王冰、于佳译.科学出版社，上海古籍出版社，1990.9

[12] 竺可桢.为什么要研究我国古代科学史[J].人民日报，1954—08—27.

[13] 钱临照.应该重视科学技术史的学习和研究[J].科学报，1984—03—31.

[14] 席泽宗.竺可桢与自然科学史研究[A].纪念科学家竺可桢论文集.[C].北京:科学普及出版社，1982.

[15] 竺可桢.科学之方法与精神[J].思想与时代，1941(1).

[16] 席泽宗.伽利略前2000年甘德对木卫的发现[J].《天体物理学报》，1981(2):85—88

[17] 刘金沂.木卫的肉眼观测[J].自然杂志,1981(7):538—539
[18] 薮内清.實験天文学の试み[J].现代天文学讲座月报,1982(14):1—2
[19] 钱临照.纪念胡刚复先生百年诞辰——谈物理实验.物理通报,1987(5):2—5
[20] 华同旭.中国漏刻[M].安徽科学技术出版社,1991
[21] 李志超.关于黄道游仪及熙宁浑仪的考证和复原[J].自然科学史研究,1987(1):第42—47
[22] 李志超,陈宁.关于张衡水运浑象的考证和复原[J].自然科学史研究,1993(2):120—127.
[23] 李志超.天人古义——中国科学史论纲[M].河南教育出版社,1995.
[24] 张秉伦,孙毅霖."秋石方"模拟实验及其研究[J].自然科学史研究,1988(2):170—183.
[25] Joseph Needham & Dorothy Needham. Science Outpost. London: The Pilot Press, 1948.
[26] 李约瑟.李大斐.科学前哨[A].余廷明.唐道华等译.李约瑟游记[M].贵阳:贵州人民出版社,1999.1—318
[27] 钱临照、谷雨主编.中国科学院[M].北京:当代中国出版社,1994.
[28] 钱临照.西方历史上的宇宙理论评述[A].中国科学技术大学天体物理组编.西方宇宙理论评述[C],科学出版社,1978.
[29] 钱临照.西方历史上的宇宙理论评述[A].方励之主编.科学史论集[C].合肥:中国科技大学出版社,1987.37—88
[30] 钱临照,许良英主编.世界著名科学家传记·物理学家Ⅰ[M].北京:科学出版社,1990.
[31] 钱临照,许良英主编.世界著名科学家传记·物理学家Ⅱ[M].北京:科学出版社,1992.
[32] 钱临照.望桃李春色,仰蜡炬高风——回忆吾师严济慈先生的教育工作[J].科技日报,1996—12—01.
[33] 钱临照.纪念物理学界的老前辈叶企孙先生[J].物理,1982(8):466—470
[34] 胡升华.叶企孙先生与"熊大缜案"[J].中国科技史料,1988(3):27—34

Mr. Qian Linzhao's Contribution to China's Science History Undertakings

The celebrated physicist Academician Qian Linzhao already completed at the age of 36 his important paper "An Explication of the Optical and Mechanical Propositions in the Mohist Cannon", which produced an impact on Joseph Needham. After "the Cultural Revolution", he devoted his main energy to the history of science, was elected as the first president of the Chinese Society of History of Science and Technology, set up the Research office of the University of Science and Technology of China, and was invited as an advisor of this journal, making vital contribution to China's science history undertakings. The author of this paper had long-term working relation Mr Qian. The paper, which provides lots of rarely known facts, has very high value as historical material.

〔原刊《中国科技史料》(北京),第21卷,第2期,2000〕

中国科学技术史学会20年

一　成立大会

1980年10月6至11日,国庆节后的北京,秋高气爽,晴空万里,来自全国科研机构、高等院校、文博、图书、出版、新闻等151个单位的274名专职的和非专职的科学史工作者,聚集在王府井北口中国人民解放军总参谋部第四招待所,酝酿成立中国科学技术史学会。大家自愿申请,每人填表一张,交入会费一元,经会议主席团审批通过,成为第一批会员。主席团则是由中国科协选聘的27名专家组成。10月11日,由233名会员以无记名投票方式,选出49名理事,另为台湾地区保留两名理事,宣告了中国科学技术史学会的成立。

接着,第一次理事会选举了15名常务理事。常务理事会又选出钱临照为理事长,仓孝和、严敦杰为副理事长,李佩珊为秘书长,黄炜为副秘书长。而今前三位已经去世,我们对他们表示哀悼。特别是钱临照先生,他生前一直关心着我们学会的工作,过去5届大会都是在他参与领导下召开的[1]。第一届其余10名常务理事为:丘亮辉、许良英、李少白、杨根、杨直民、陈传康、范岱年、张驭寰、席泽宗、程之范。

成立大会是在中国科协和中国科学院的关怀和支持下召开的。筹备期间,中国科协副主席兼党组书记裴丽生多次会见筹备人员,周密布置。会议期间,国家科委副主任兼中国社会科学院副院长于光远,中国科学院副院长李昌、钱三强,中国科协副主席茅以升,均先后到会讲话,强调研究科技史的重要性,号召科技史工作者要解放思想,认真总结国内外科技发展的历史经验,为我国的四化建设提供借鉴。学会成立之日,中国史学会执行主席周谷城发来了贺信,中国考古学会理事长夏鼐、北京市史学会会长白寿彝等亲临祝贺,大家深受鼓舞。

这次大会分10个小组,交流学术论文226篇,在金属史、化学史和天文学史等方面都有一些新的较重大的发现,并开始注意近代科技史、少数民族科技史、主要发达国家科技史、科学思想史和科学史的理论研究,呈一派欣欣向荣的局面。与此相较,1956年7月9日至12日中国科学院在北京召开的中国自然科学史讨论会只有论文23篇,内容仅限于中国古代,而且只有农医天算四门。经过24年努力,科技史这门学科在中国大有发展,学会的成立是水到渠成。1956年中国科学院中国自然科学史研究室和一些产业部门研究室的成立,把科技史职业化是第一个里程碑[2],而学会的成立是我国科技史事业发展的第二个里程碑。

二　参加国际组织IUHPS/DHS

在学会第1届常务理事会第一次会议上,讨论的一个主题,就是如何参加第二年(1981年)在罗马尼亚首都布加勒斯特召开的第16届国际科学史大会。

第1届国际科学史大会是1929年在巴黎召开的。其后除第二次世界大战期间中断了10年(1937年第4届,1947年第5届)外,每三年举行一次。自第15届(1977年)起,改为每四年

一次。1956年由竺可桢、李俨、刘仙洲、田德望和尤芳湖组成的中国代表团到意大利佛罗伦萨参加了第8届大会,当年9月9日正式接纳我国为会员国。后来因为这个组织(国际科学史与科学哲学联合会科学史分部,IUHPS/DHS)与联合国有关系,而台湾当时还以中华民国的名义占据着联合国的席位,我们又主动退出了这个机构。时间过了25年,台湾也没有参加,可是1981年8月我和华觉明、查汝强等一行八人去参加会时,却发生了问题,科学史分部的负责人说:"你们来参加大会,当然欢迎;但是要成为这个国际组织的成员,还得等一段时间。你们来了人,没有写书面申请。台湾写了书面申请,没有来人。就是写了书面申请,也不能马上解决。现在不是我们一个学会的问题,国际科联(ICSU)将要就这个问题进行讨论,想出一个统一的解决办法。"

这次罗马尼亚之行,虽然没有完成入会任务,但也颇有收获:带去的17篇论文,受到与会者普遍好评。我被选为东亚科学史组组长,与美国席文一道主持了一天的会议。最有深远意义的是,在这次大会上,我们和韩国、印度等亚洲国家的同行,初次见面,一见如故。今天在座的苏巴拉亚巴(B. V. Subbarayappa)和金永植都是那时认识的。20年来,我们相互支持,做了不少的事情。

从罗马尼亚回来以后,特别是1983年第2届理事长柯俊主持工作以后,狠抓这件工作,向中国科协不断请示汇报,还请该组织的主席和秘书长先后来访,由查汝强、李佩珊和他们谈判,在中国科协主持下签了协议,最后终于1985年8月在美国伯克利举行的第17届大会上解决了问题。1985年8月2日下午召开会员国代表会议,讨论吸收新的会员国问题,按字母顺序排列,需要讨论表决的有:巴西、智利、中华人民共和国、哥伦比亚和拉丁美洲地区。会议执行主席、秘书长夏(W. Shea)首先提出:"先讨论中国入会问题,这个问题经过几年酝酿,比较成熟。"在柯俊就我们学会情况作过简单介绍以后,有几个国家发言表示赞成,最后全体一致通过。8月6日下午开第二次全体会员代表会议,选举新的领导机构,李佩珊被选为理事。这在该组织历史上破两项纪录,一是当年入会当年当选,二是妇女当选[3]。

从1985年以后,我们和这个国际组织一直保持着良好的关系。继李佩珊之后,柯俊和陈美东又连续担任过两届理事。1997年7月在比利时列日举行的第20届大会上,我们申办第21届大会虽没有成功,但是得到了许多国家的同情。明年去墨西哥申办2005年的第22届大会是很有希望的,这正是我们新的一届理事会需要努力去做的事。

三　恢复国际中国科学史会议

1982年在比利时召开的首届国际中国科学史会议,本来与我们学会没有多大关系。1984年在北京举行第3届,也是以中国科学院的名义召开的。但是1990年在英国剑桥开过第6届后,1993年在日本京都开第7届时,未与中国学者充分协商,就把会议改名为国际东亚科学史会议,对此许多中国学者有意见。1994年8月,学会第5届代表大会召开时,8月22日下午钱临照先生在主席团会议上明确提出:"不管国际东亚科学史会议如何,国际中国科学史会议还应继续开下去。"此一倡议,得到许多代表的热烈响应,但是如何开法,则拿不定主意。一种意见认为要继续开第7届、第8届……;一种意见则认为不要争那个序列了,我们只叫国际会议,在哪个地方开,再加上地名和时间就可以了,例如"国际中国科学史会议·1996·北京"。

1995年3月11日是一个转折点,第5届常务理事会第三次会议正在开会之时,接到深圳市南山区人民政府发来的一份电传,愿意拿出20万元支持第7届国际中国科学史会议,路甬

中国科学技术史学会第5届常务理事会第三次会议，路甬祥理事长正在发言，决定继续召开第7届国际中国科学史会议

祥理事长当即发表重要讲话："深圳市南山区愿意拿出20万元支持第7届国际中国科学史会议，这表明，随着社会经济的发展，社会已开始更加关注科学的发展。这个系列国际会议要每隔三四年一届一届地连续开下去，我们要坚持高举这面旗帜。根据我们现在的情况，会议地点和经费都不会成问题，科学院和国家自然科学基金委员会也应给予一定的支持。当然，我们也要积极参与和支持国际东亚科学史会议，只要向他们打个招呼，说清楚就行了。"

路甬祥讲完话后，与会人员一致同意使用"第7届国际中国科学史会议"名义，并命我立即着手筹备工作。令人兴奋的是，第一个回信表示愿意担任国际顾问和参加会议的是诺贝尔物理学奖获得者杨振宁，3月16日发函，3月28日即得到回复。经过紧张的筹备和激烈的斗争，第7届国际中国科学史会议终于1996年1月16至20日在深圳胜利召开，有来自11个国家和地区的120余人参加了会议，论文集也已出版[4]。接着，德国柏林工业大学于1998年8月又成功地举办了第8届。第9届目前正在酝酿中。

事实证明，我们继续开国际中国科学史会议，并不影响参加国际东亚科学史会议的活动。1996年在汉城和1999年在新加坡召开的第8、9届国际东亚科学史会议都有许多中国学者参加，上海交通大学科学史和科学哲学系已经决定承办第10届东亚科学史会议，第一轮通知即将发出。两个会议并存，有困难，也有好处。好处是互相补充，同行之间也多一次聚会机会。

四　与台湾同行的沟通

1980年学会成立时，为台湾同行保留了两个理事名额，这一点非常重要。10年后，1990年2月24日我到台北中央研究院讲《中国科技史研究的回顾与前瞻》[5,6]，谈到这件事时，听

众都很赞赏，当时有人就说，“我们可以出两个人担任”，并且提出了具体人选。1994 年刘钝到台湾，终于达成了共识，他们出三名理事，其中一人担任常务理事。这就是第 5 届代表大会上选举的结果。第 6 届仍将保持这个局面。能有这么友好的局面，是两岸关系不断改善的结果，也是我们不断努力的结果。

《中国科技史料》1982 年第 1 期发表了拙文《台湾省的我国科技史研究》，第一次向台湾同行招手，文末明确表示：

> 我们欢迎台湾的科学史工作者到大陆来参观访问和进行学术交流，并进行研究课题合作，为提高我国的科学史研究水平而共同努力。[7]

此文产生了深远的影响，1984 年即有台湾旅美学者郭正昭（原任台北中央研究院近代史研究所研究员）来北京参加第 3 届国际中国科学史会议，临走时用英文写了三句感言：

Pride in our past,
faith in our future,
efforts in our modernization.

把这三句话译成中文就是：“为我们的过去而自豪，为我们的未来而自信，为我们的现代化而奋斗。”郭正昭离开北京后，即取道香港到台湾，向彼岸的同行介绍了我们的情况，而这件事远远发生在《自立晚报》两名记者来北京之前。从 1985 年起，两岸同行即在美国、澳大利亚等地的国际会议上频频会面。1991 年新竹清华大学历史研究所主编的《中国科学史通讯》出版，更把两岸的工作融合在一起了，自然科学史研究所发生的事情，有时我看了这个刊物才知道。

五 组织学术活动

召开学术会议是学会的主要工作。我会自成立之日起，即狠抓学术交流工作。虽然经费困难，但每年开学术会议也有七八次之多。据不完全统计，20 年来共召开学术会议 150 余次，交流论文 9 000 多篇。除了各专业委员会召开的学科史（如天文学史、数学史……）讨论会外，有些会议颇具特色：

（一）国际中国少数民族科技史会议已开过四次：第一次，1992 年，昆明；第二次，1994 年，延边；第三次，1996 年，昆明；第四次，1998 年，南宁。今年 11 月将要在四川西昌开第五次。我国是一个多民族的国家，对少数民族科技史的研究是改革开放以来的一个特色。

（二）地方科技史志会议，已开过 14 次，下月将在山西太原开第 15 次。编纂地方志是我国史学的优良传统，这一系列会议的召开对各地科技志的编写起了很好的组织、推动和保证质量的作用。到目前为止，全国已出版省级科技志 28 部，占 31 个省市自治区的 90%，看来任务已接近完成。今年 3 月，科技部又下发了《关于开展“地方科技志”的续修与志书开发利用工作的通知》，1998 年 2 月中国地方志指导小组颁发的《关于地方志编纂工作的规定》也要求这项工作“应延续不断，每 20 年左右续修一次”，所以地方科技志的工作也是可持续发展，会也要一年一年开下去。

（三）对重要人物、重大事件和重要著作的纪念活动连续不断。1980 年 10 月在学会成立大会上，即有人提出要在第二年（1981 年）纪念郭守敬诞辰 750 周年和授时历颁行 700 周年的学术活动。第二年这个活动进行得轰轰烈烈，有声有色。1987 年 8 月 31 日至 9 月 2 日和中

国物理学会等联合主办的纪念牛顿《自然哲学的数学原理》出版300周年学术讨论会影响很大,严济慈、周培源、钱学森、于光远、王大珩等均到会作了报告。1988年11月19—24日与福建省人民政府等联合召开的纪念苏颂创造水运仪象台900周年学术讨论会,引来许多海外华侨参加,与当地签订了数十个经贸合同,对当地经济的发展起了推动作用。1999年12月23日与美国贝尔实验室、中国电子学会等联合举办的纪念晶体管(transistor)发明50周年学术报告会,《科技日报》曾以整版篇幅予以报道。

(四)对科学思想史、科学技术与社会、科学史理论问题和科学史教育问题等,也都不止一次地召开过专门学术会议,进行讨论。

总而言之,会议内容丰富,形式多样,对我国的科学史事业起了不可取代的推动作用。

六　编辑出版学术刊物

学会现有两个学术刊物:《自然科学史研究》和《中国科技史料》,均系与自然科学史研究所合办。两刊各有所侧重,但均为每年4期。到今年第2期为止,《自然科学史研究》出版了74期,发表论文786篇;《中国科技史料》出版了87期,发表文章近1 000篇。《中国科技史料》创刊在学会成立之前,1988年才由学会接办[8],现在两个刊物同由一个编辑部负责编辑出版。这个编辑部设在自然科学史研究所,只有四个人,他们的工作是很辛苦的,而最大的困难则是经费不足,自然科学史研究所每年补贴数万元,仍然无法按照国家出版局1999年4月颁发的《出版文字作品报酬规定》支付作者稿费,至今仍维持在每千字20元的标准。但科技史工作者仍然踊跃投稿,刊物质量并不下降。特别是去年和今年两个刊物的编委会先后改组以后,设立常务编委制,实行集体审稿,严格把关,使刊物更有起色。

《中国科技史料》于1992年被中共中央宣传部、国家科委和出版总署评为全国优秀科技期刊三等奖。1986年9月16日一位台湾学者在给我们的来信中,称赞"《自然科学史研究》是大陆少见的扎实的学术期刊"。该刊曾两次获中国科学院优秀期刊三等奖,今年已进入自然科学综合类核心期刊。

七　科普成绩突出　荣获"先进学会"称号

今年5月29日,《科学时报》公布了"科学家推介的20年来100部科普佳作",其中属于我国学者自己创作的有63种。在这63种中,中国科技史学会会员写的占1/4,共16种,而排在前六名的全是本会会员写的:

1. 李佩珊、许良英主编《20世纪科学技术简史》(1999年再版)
2. 刘兵主编《保护环境随手可做的100件小事》(2000)
3. 阎康年著《贝尔实验室》(2000)
4. 戈革著《玻尔和原子》(1999)
5. 申振钰主编《超常之谜》(2000)
6. 刘兵著《超导史话》(1999)

这6本书都是在最近一年半之内出版的。若往前推,1999年12月20日《科学时报》公布的"科学家推介的20世纪科普佳作",属于科学史的两种,也都是我会会员写的:一是吴国盛著《科学的历程》(1995),一是卢嘉锡、席泽宗等主编《彩色插图中国科学技术史》(1997),尤其是

吴国盛的书,影响极大,曾获"五个一"工程等多种奖励。

我会不但科普著作多,而且是中国科协举办各种科普展览的得力助手。1999 年 10 月中国科协在杭州召开首届学术年会,举办"20 世纪重大科技成就回顾与展望"的大型科普展览,我会负责撰稿和收集图片,顺利完成任务。在主会场展出时,受到领导和代表的好评,后经修改和补充,又于 1999 年 12 月在全国科普大会上展出。这套展品即将出版。

"20 世纪重大科技成就回顾与展望"的展览尚未结束,又接受了中央精神文明建设指导委员会和中国科协的新任务,筹办"崇尚科学,破除迷信"的大型展览,这个展览轰动北京,党和国家领导人都来观看。现在又在为中国科协第 2 届年会准备"诺贝尔奖 100 年"的科普展览。

由于这些突出成绩,经中国科协先进学会工作领导小组聘任的专家评选委员会评选,报组织工作委员会审定,中国科协五届常务委员会第 15 次会议通过,于 2000 年 1 月 11 日授予中国科技史学会"先进学会"光荣称号。接着,今年 5 月,我会秘书长王渝生亦被调任中国科技馆馆长。

八 为已故科学家修墓立碑

20 年来学会做的事情很多,无法一一列举,这里只说一件不起眼的小事。近代科学家徐寿(1818—1884)的墓地长期泡在水中,杂草丛生,臭气熏天,惨不忍睹。我会技术史专业委员会协助徐氏后裔向江苏省无锡市有关单位呼吁,并找到全国政协副主席钱伟长帮忙,才促成了徐墓的迁移。1999 年 9 月 24 日举行了徐寿新墓落成仪式。新墓在无锡市西郊梅园公墓附近,该处地势开阔,山明景秀,无锡市准备把它建成一个爱国主义教育基地。这件事,无锡各界反映良好,认为这是缅怀先贤,尊重科学尊重人才的义举德政。

我会创始人、物理学家钱临照生前在八宝山人民公墓买下了一块墓地,希望死后能和他的妻子合葬在一起。为了办成这件事,会员鲁大龙多次奔走,终于今年 7 月 23 日在那里举行了一个小型的落成仪式,到会 20 余人,会上呼吁中国科技大学出版社出版他的文集,在诞生 100 周年的时候再举行一次纪念活动,烈日炎炎下家属很受感动。

九 三点建议

1999 年上海交通大学成立了科学史和科学哲学系,中国科技大学成立了科技史与科技考古系,自然科学史研究所在中国科学院通过了定位评估,中国科技史学会在中国科协获先进学会称号。四喜临门,喜气洋洋。与此同时,科学界的领导也对科学史作了充分的肯定。中国科协主席周光召说:"科学史在帮助公众理解科学方面,可以起到重要的作用。通过科学史,非专业人员可以对科学理论及其演变过程有一个大概的了解,特别是,它能提供一般教科书所不能提供的科学家做出科学发现的具体过程,从而体会到探索自然奥秘的幸福和艰辛;它还能宏观地揭示科学作为一种社会活动的发展规律,具体地展现科学技术作为推动历史的杠杆的巨大作用。不仅对于公众,对于科技工作者和管理工作者,学习科技史也是十分有益的。"[9]中国科学院院长路甬祥于 1999 年 6 月 11 日在自然科学史研究所定位评估会上说:"科学史这门学科不仅在自然科学和高新技术研究的科学院是一个重要的、不可替代的、不可缺少的科学领域,同时,科学史学科的建设与发展,对于我们国家进一步强调弘扬科学精神、普及科学知识、提倡科学方法的社会主义文化建设也是非常有意义的。"

但是，中国科协和中国科学院的领导对科学史定位这样高，并不等于我们科学史工作者写出来的东西就是弘扬科学精神、普及科学知识和提倡科学方法，就是有益于人民大众、科技工作者和管理工作者的。20年来，会员写出来的东西绝大多数是高质量的，但也有粗制滥造，甚至是玄谈海侃的。王化君的一篇文章《科学技术史研究应以科学精神为指导》[10]，其中批评到的一些现象就值得注意。我们应该谦虚谨慎、兢兢业业地做好工作，《自然科学史研究》和《中国科技史料》应该加强书评和学术讨论，有些不同意见也可用读者来信形式发表。此其一。

第二，有了钱不一定能把事情办好，但没有钱很难办事。学会经费全靠中国科协拨款，每年只有19 000元，自1995年起自然科学史研究所每年支持15 000元，为开这次会议，又专拨20 000元。按会章，个人会员、团体会员、外籍会员都要收会费。事实上，我们只收过个人会员的会费。按上次理事会决定，收上来的会费归专业委员会所有，实际上为数很少，也很难收上来。我们是否可以依照兄弟学会(例如中国天文学会)的办法，收团体会员会费，除了科学史所外，中国科大、上海交大、内蒙古师大等都作为团体会员，每年交一定数量的会费。这些钱对这些单位来说数量很少，但“集腋成裘，聚沙成塔”，集聚到学会来就能办点事。另外，还鼓励大家“化缘”，如有企业单位或个人愿意给以赞助的，可按会章给以一定荣誉。

第三，中青年科学史讨论会于1992年开过第4次以后再没有开过，还应继续下去。现任理事年龄偏老，第5届理事会69名理事，六年来逝去8人，在剩下的61人中，55岁以下的只有8人，这8人中港台的又占了3人，也就是说大陆的57名理事中只有5人在55岁以下，仅占1/12，这与会章要求的不少于1/3，相差很远。在这次选举中，我们必须注意多选年轻人。钱临照在第一次大会的闭幕式上说“要寄希望于青年”，这句话还是应该贯彻的。

(本文系2000年8月22日在中国科学技术史学会第6届代表大会暨庆祝学会成立20周年大会上的报告。)

参考文献

[1] 席泽宗.钱临照先生对中国科学史事业的贡献[J].中国科技史料，2000(2):102—108

[2] 席泽宗.中国自然科学史研究所40年.[J].自然科学史研究，1997(2):101—108

[3] 柯俊，席泽宗，李佩珊.参加第17届国际科学史大会情况.[J].自然辩证法通讯，1985(6):75—77

[4] 王渝生，赵慧芝主编.第7届国际中国科学史会议文集[C].郑州:大象出版社，1999.

[5] 席泽宗.中国科技史研究的回顾与前瞻[J].科学史通讯，1990(9):2—9

[6] 席泽宗.科学史八讲[M].台北:联经出版事业公司，1994.19—43

[7] 席泽宗.台湾省的我国科技史研究[J].中国科技史料，1982(1):98—101

[8] 林文照.回顾与展望——纪念《中国科技史料》创刊20周年[J].中国科技史料，2000(2):95—101

[9] 周光召.序[A]，吴国盛.科学的历程[M].长沙:湖南科学技术出版社，1995.

[10] 王化君.科学技术史研究应以科学精神为指导[A].冯玉钦、张家治主编.中国科学技术史学术讨论会论文集.北京:科学技术文献出版社，1993.19—22

〔原刊《中国科技史料》(北京)，第21卷，第4期，2000〕

三个确定　一个否定

——夏商周断代工程中的天文学成果

夏商周断代工程经过五年的集体努力，一份比较有科学依据的《夏商周年表》已正式公布。在这项多学科互相交叉、联合攻关的工作中，天文学为几个时间“点”或“段”的确定做出了贡献，同时对自己的学科本身也有所发展。今举其较重要者略作介绍。

一　“天再旦”确定了懿王元年为公元前899年

古本《竹书纪年》中的周“懿王元年天再旦于郑”自1944年刘朝阳提出为日食现象以后，中经董作宾、方善柱、葛真等人研究，至1988年美籍华人彭瓞钧已肯定为公元前899年4月21日凌晨在今陕西华县一带发生的日环食现象，食分达0.95。

这次断代工程中天赐良机，1997年3日9日在新疆发生的日全食和公元前899年的日食有类似之处，使我们能从理论上和实践上对清晨日食的天光变化作全面深入研究。此一专题的承担者刘次沅发动群众，在新疆日食带上布置了许多网点进行观测，最后收到了60多个人从18个不同地点寄来的36份报告，实践证明了他从理论上得到的结果：设10分钟内天光视亮度的下降量为天再旦的强度，则强度大于0.1时，天再旦现象明显可见；强度大于0.5时，强烈可见。一个地方的天再旦现象和当地的日食最大食分、食甚时太阳的地平高度等有关系。

在此理论和观测研究的基础上，再对公元前1100年至前840年之间的所有日食进行筛选，并将日食带西端点位于中国附近的情形绘图，给出每次日食带西端10度范围的天再旦等强度线，结果是，只有公元前899年4月21日和公元前871年10月6日的两次日食，符合天再旦的天文条件，但前者较强，后者较弱。就历史条件而言，后者几乎不可能。由此可见，公元前899年4月21日的日食完美地解释了“懿王元年天再旦于郑”的记载，而且是它的惟一选择。

在铜器方面，有师虎簋可以支持这一结论。该器铭文曰：“唯元年六月既望甲戌，王在杜居，格于大室，井伯入右师虎，即位中廷，北向，王呼内史吴曰：……”由井伯和内史吴二人，金文学家断定此为懿王元年器，查张培瑜《中国先秦史历表》得，公元前899年六月丙辰朔，甲戌为十九日，与“既望”月相正合。

此外，我们还接到甘肃陇西县一位中学教师兰正虎来信，提出陶宗仪《南村辍耕录》卷19中，记载元至正二十一年四月辛巳朔(1361年5月5日)黄昏时在今上海所发生的一次日食，描写得很详细，用的就是“天再开”，这又是一个旁证，说明“天再旦”是日食现象。

二　“岁鼎克昏”确定了武王克商之年为公元前 1046 年

关于武王克商之年的研究，自西汉刘歆至今中外学者已有 44 种说法，我们已把它汇集成为一本书，名曰《武王克商之年研究》，已于 1997 年由北京师范大学出版社出版，凡 692 页。以往这些研究，只有少数是从天文学角度考虑的，绝大多数是通过文献得到一个伐纣之年后，再用一两种天象纪录来作为旁证。由于利用的天象是有周期性的，这样的旁证就很容易得到，因而同一个天象纪录会被不同的学者用来支持不同的伐纣之年。我们则收集了与这一次战争有关的所有天象纪录，共 16 项，其数量之多，这在全世界恐怕是惟一的。但是这些纪录的载体，多系出于后人之手，时间跨度很大，而且有的互相矛盾，经过甄别和筛选，觉得 1976 年在陕西临潼出土的利簋最为可信。这件铜器上的铭文，是在武王克商之后的第八天（辛未）刻的。铭文说：

武王征商，唯甲子朝，岁鼎克昏，夙有商。……

甲子日克商，见于《逸周书·世俘解》、《汉书·律历志》引《尚书·武成》、《史记·周本纪》等书，现在利簋铭文更证明上述各书所记为正确。此处的“岁”字，张政烺和严一萍解释为岁星，“鼎”作“当”讲，即克商之日（甲子）的早晨岁星（木星）正当上中天。

其次，《淮南子·兵略训》有“武王伐纣，东面而迎岁”。这就是说，武王率兵由今陕西出发而东行的时候，在正面东方能看到岁星。

第三，从周师出发到克商之日应有一段时间，这段时间的长度应使得周师从今陕西出发行进至今河南安阳有合乎常理的时间。在这段时间里，应有《国语·周语》中伶州鸠所说的“岁在鹑火，月在天驷，日在析木之津，辰在斗柄，星在天鼋”五种天象发生，还应符合《汉书·律历志》所引《武成》篇的历日记载。

江晓原用全新的思路，根据以上三条筛选的结果得出：“周师出发日期为公元前 1045 年 12 月 4 日，克商之日为公元前 1044 年 1 月 9 日（甲子），此日牧野当地时间凌晨 4 时 55 分，岁星正位于上中天，地平高度约 60°。”

以上这一方案可以说已经很好，但是有两点不能令人满意。一是公元前 1045 至公元前 1044 年岁星不在鹑火之次，而《国语·周语》中的一段话是日月星辰浑然一体，“岁在鹑火”限制了年份，“日在析木之津”限制了月份。如果把“岁在鹑火”放在武王克商之前二年武王会诸侯于孟津时，虽无不可，但毕竟有点牵强。二是对《武成》历日的解释，采用刘歆的定点说，这和大量铜器中所反映的情况不相容。

《武成》给出了三个月相的日期：

一月壬辰旁死霸。
二月[庚申]既死霸，越五日甲子。
四月[乙巳]既旁生霸，越六日庚戌。

其中用方括号标出的两个干支，是根据后文补出的。这些月相显然是定点的，但是要注意到，只有第一个“壬辰旁死霸”是干支在月相之前，其他两个按原文都是月相在干支之前，如果把越

几日省略，就成了“二月既死霸甲子”和“四月既旁生霸庚戌”，定点就成了分段，而点在段的起始位置。由此不难看出，由定点到分段可能有一个演变过程，而《武成》就处在这个过程中。

那么，《武成》用的到底是定点还是分段，刘次沅作了三种假说：(1)死霸为朔，生霸为望，即《汉书·律历志》中的刘歆说；(2)生霸为上弦，死霸为下弦，即王国维《生霸死霸考》四分说的起点；(3)以初见月亮的一两天为生霸，望后月面开始亏损的一两天为死霸，目前多数人持此说，断代工程中西周金文排谱也采用此说。按这三种假说，将《武成》历日排谱，并用张培瑜《三千五百年历日天象》表和“岁在鹑火”、“日在析木之津”来检验，结果得出以第三种假说为最优，在公元前 1085 年至公元前 1020 年之间首选克商日期为公元前 1046 年 1 月 20 日(甲子)，这一天 0 时 14 分木星上中天，地平高度达 79°，特别明亮，也符合“岁鼎”条件。第一个方案(公元前 1044 年说)所要求的一些条件基本上也都能满足。

公元前 1046 年和公元前 1044 年只有两年之差，而以往关于武王伐纣的年代的说法可以相差 112 年(最早为公元前 1130 年，最晚为公元前 1018 年)，一下子把差距缩小了 56 倍，不能说不是一个大的突破。而这两个年份又都落在碳 14 测年技术对武王伐纣前后一系列考古遗址、遗物所得结果范围(公元前 1050 至公元前 1020 年之间)之内，这样的不谋而合又确实令人喜出望外，最后我们选择了公元前 1046 年为武王克商之年。

三　五次月食确定了商王武丁在位年代为公元前 1250 年至前 1192 年

殷墟甲骨宾组卜辞中，有五个带有日名干支的月食记载，而且有三个刻有人名“争”。“争”是商王武丁时期的著名贞人；武丁在位 59 年，在《尚书·无逸》中有明确记载。因此这五次月食就成了研究武丁在位年份到底相当于公元前哪几年的好材料。20 世纪 40 年代以来有 22 位学者进行了研究，得出 44 种不同的结论，有的学者前后看法有多次不同。这次我们请彭裕商和黄天树两位甲骨文专家就这几片甲骨按时间先后排序，结果是不约而同地得出了如下次序：

1. 癸未夕月食(争)：彭认为属于武丁中期后半，黄认为属于武丁中晚期之交。

2. [甲]午夕月食(宾)：彭认为属武丁中晚之际，黄认为武丁晚期偏早。这里“甲”字原缺，但接其后的一句是“乙未酒多工率其遣”，应为“甲午”是肯定的。

3. 壬申夕月有食：彭认为武丁晚期偏早，黄认为属武丁晚期。

4. 己未[illegible](皿)庚申月有食(争)，十三月：彭认为属于武丁晚期偏早，黄认为武丁晚期。

5. 乙酉夕月食(争)，八月：彭认为武丁晚期，黄认为武丁晚期或延至祖庚。

有了这个次序以后，就不能任意乱排，而“己未[illegible](皿)庚申月有食”一条又起了关键性的限制作用。关于这条月食，过去大多数学者都从董作宾说，认为是庚申月食；只有德效骞(H. H. Dubs，1951 年)基于商代纪日法是以夜半为始的观点，推算出这次月食生于公元前 1192 年 12 月 27 日到 28 日，即今安阳当地己未日 21 时 53 分初亏，次日(庚申)凌晨 0 时 40 分复圆，从而断定“[illegible]”意味着从己未日持续到庚申。这次我们采用了德效骞的观点，但有更充分的根据。

1993年裘锡圭发表过一篇文章，题为《论殷墟卜辞中的“□”“□”等字》，指出“□”字应释为“皿”，即“向”，“己未皿庚申”即从己未日到庚申日。大家同意了裘锡圭的意见以后，又出了一个问题：一日是从夜半开始，还是从天明开始？如果从夜半开始，则从公元前1500年至公元前1000年这500年间只有公元前1192年12月27日这一次合适。如果从天明开始，这五百年间只有公元前1166年8月14日的一次月食合适，这次月食从凌晨3时18分到7时05分。但从公元前1166到公元前1046（武王克商之年）只有120年，这期间有8个王，平均每个王只有15年，实在说不过去。因此我们只能择取夜半说，取公元前1192年12月27日为这一次月食纪录的惟一选择，而且甲骨文中还有大量的用“己未皿庚辰”这种类型的词组计时，来纪录做梦、生育等现象，表明夜半说比天明说较为合理。

在将“己未皿庚申”这条跨越两日的月食记录（500年间只有一次）的时间定下来以后，其他四条记录顺序又不能变，在这样严格的条件下，天文学家张培瑜就只能得到惟一解：

1. 癸未夕月食：公元前1201年7月12日。
2. [甲]午夕月食：公元前1198年11月4日。
3. 己未皿庚申月食：公元前1192年12月27日至28日。
4. 壬申夕月食：公元前1189年10月25日。
5. 乙酉夕月食：公元前1181年11月25日。

如果取乙酉夕月食发生在武丁末年，则武丁元年为1181＋58＝（公元前）1239（年）；如取己未皿庚申月食发生在武丁末年，则武丁元年为1192＋58＝（公元前）1250（年）。考虑到武丁以后八个王位的安排问题，并照顾到甲骨分期，我们选择了自公元前1250年至前1192年为武丁在位期。

四　“三焰食日”的否定

宾组卜辞中有一片刻有：“乙卯允明霍，三臽食日，大星。”1945年刘朝阳据此发表《甲骨文之日珥观测纪录》一文，认为“三臽”即“三焰”，日全食时在日面边缘看到喷出的火焰，今人谓之日珥，古人疑火焰为日全食之原因，故有“三焰食日”之辞。其后在1953年他又进一步论证这一次日全食发生在公元前1302年6月5日今安阳地方时上午9时48分，在它附近看见的“大星”是水星。因而这项纪录就可以夺得三项世界冠军：最早的日食纪录、最早的日珥纪录，以及最早的日食和水星并见纪录，颇为世人注目。但是，曾次亮发现6月5日这一天并不是乙卯，而是丙辰，后来并且做出了详细推算，得出在商后期的300年（公元前1374—前1131）间所有接近于乙卯的15个中心食（包括全食和环食），“没有一次可以合于乙卯日安阳白天可见全食的标准。由此可以断定卜辞中的‘三焰食日’、‘大星’等语，当另有其他含义，不能解释为日全食的观测纪录。”

曾次亮逝世于1967年2月，这段话是在他逝世之前写的，而他的研究成果问世却在1998年6月。在此之前学界无人知悉。但在断代工程一开始，李学勤和罗琨就分别解决了这一问题，他们一致认为“食日”是从天明到午饭前的一个时段单位，“大星”是“大晴”。根据严一萍于1989年发表的这片卜辞新的摹本，全文是：

甲寅卜設贞,翌乙卯易日。

贞:翌乙卯不其易日。

王占曰:“止勿薦,雨。”

乙卯允明雺(阴),乞盉,食日大星。

这里的“易日”即“晹”,是指晴天,“薦”即“荐”,表示陈列的意思,“乞”,止也,“盉”为“列”字初文。这段话的意思为:

头一天(甲寅)由贞人設从正反两面卜问第二天(乙卯)是否天晴。武丁根据占卜的情况判断说:“不要陈放祭品,天是要下雨的。”第二天(乙卯)早上果然阴天,停止陈放祭品。到了上午,天气大晴。

这片卜骨谈的完全是天气问题,与日食无关。这样,我们就把三项世界冠军纪录自动给掷掉了。岂不可惜?不可惜!我们觉得,断代工程,此事体大,实事求是,科学性是第一位的。

〔原刊 2000 年 11 月 29 日《中国文物报》〕

李约瑟论《周易》对科学的影响

李约瑟认为，影响中国古代科学发展的三大哲学思想体系是阴阳理论、五行理论和《周易》，前两者对科学的发展是有益无害的[1]（330页，以下凡引该书，只注页码），而"《周易》的那种精致化了的符号体系几乎从一开始就是一种灾难性的障碍，它诱使那些对自然界感兴趣的人停留在根本不成其为解释的解释上"（363页）。

李约瑟并且声明，他所主张的对建立现在和未来形式的现代科学所必需的有机哲学起源于中国的说法，"没有一种是以任何形式为《周易》的观点进行辩护的，或是要减轻它对中国科学思维所造成的恶劣影响的"（367页）。在他的巨著《中国科学技术史》第2卷《科学思想史》中用了长达44页（329—372页）的篇幅来专门讨论这个问题，其他章节还有45处提及。现在将他的论点做一详细介绍，供大家参考。

一　对古代科学发展的阻碍作用

李约瑟首先引用了将《周易》译成英文的理雅各（J. Legge）于1899年所写的一段话：

> 凡是对"西方"科学已经有某些知识的中国学者士绅都爱说"欧洲"物理学的电、光、热以及其他学科的全部真理都已包含在八卦之中了。可是当问到为什么他们和他们的同胞对这些真理一直是而且仍然是一无所知时，他们就说，他们必须先从西方书籍里学到这些，然后再查对《易经》，这时他们发现在二千多年以前孔子已经懂得所有这些了。这样表现出来的虚荣和傲慢是幼稚的。而且中国人如不抛掉他们对于《易经》的幻觉，即如果认为它包含有一切哲学所曾梦想到过的一切事物的话，《易经》对它们就将是一块绊脚石，使他们不能踏上真正的科学途径。（362—363页）

李约瑟在引完了理雅各的话之后说："这些话是将近一个世纪之前写的，但是现在的情况摆向了相反的方向；极少有中国科学家能抽出时间来检查他们所认为是他们自己中古时代的愚昧思想，这一事实是大大地损害了亚洲的科学发展史。但是，关于《易经》在中国科学思想的发展中究竟起了什么作用，现在该是我们做出自己的判断的时候了。"（第363页）

关于技术发明的说法纯属虚构　《易·系辞下》在"古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情"总论之后，列举了11种事物（渔网、耒耜、市场、船、车、门、杵臼、弧矢、宫室、棺材、结绳记事），认为这些事物都是圣人（伏羲、神农、黄帝、尧、舜等）受了这个卦或那个卦的启发而发明的。例如，网和织品是受离（第30卦）的启发而发明的，船是受涣（第59卦，木在上，水在下）的启发而发明的，门是受豫（第16卦）的启发而发明的。

李约瑟认为，这种说法"是十分怪诞和武断的"，把各种发明都归源于卦象，只不过是增强

其说法的权威性而已，连作者本人大概都不相信，至今也不会有什么人相信。(353 页)

把炼丹术神秘化　李约瑟分析了中国现存最早的炼丹书籍——魏伯阳的《周易参同契》(142 年)和宋代朱熹在 1197 年所写的《参同契考异》。他认为，《周易》中所体现的辩证思维，对炼丹工作可能有所启发，但卦在《周易参同契》中广泛使用，并无必要，只是给简单事物披上了复杂的外衣，使它神秘化了。

朱熹在《参同契考异》一开头即说：魏伯阳并不打算解释《易经》，他只是利用虞翻(164—233)在注解《周易》时所提出的纳甲法(将天干与卦结合起来，用以计时)来指导自己在各个不同时机加入试药和取出成丹。在 64 卦中，乾、坤二卦除代表其他事物外，还代表仪器，坎卦和离卦代表化学物质，其余 60 卦都与火候有关，亦即提示进行操作的时间。把这些弄清楚了，就知道《周易》之于炼丹，只是一个神秘的外衣，而且后来越来越神秘，并没有什么促进作用。

对生命现象的臆测　在王逵的《蠡海集·人身类》(约成书于明初，即 14 世纪末)里有：

> 人与畜，凡动物血皆赤者，血为阴，属水。坎(第 29 卦)为水，中含阳。血色赤，所含者阳也。离(第 30 卦)中之交，生气之动也。(血)去体久即黑，热之亦黑，返本(即第二卦“坤”的土性)之义也。

李约瑟认为：“这段话正如王逵其人，他记下了别人所未观察到的许多有生物化学意义的奇异事物，但也显示了卦系统的玄虚性。由于在此前的若干世纪里，血红色已被武断地选定是与坎卦联系着的，于是说坎卦在控制着它，就成为对血的红色一种圆满的解释”，不再深究了。(第 361 页)

李约瑟指出，坎卦的对偶离卦在解释为什么有些动物有体外骨骼时，也起着类似的作用。《易·说卦》曰：“离为鳖、为蟹、为蚌、为龟。”孔颖达的解释是“取其刚在外”，因为离卦上下各有一阳爻，中间有一阴爻。按照这种说法，坎卦应代表鱼类、爬虫类和哺乳类，“但是我未曾看到过这样的明确提法；然而，坎的动物是猪”，(361 页)一直到明末李时珍的《本草纲目》都还遵循着这种陈旧的观点。

李约瑟还举了一个更为可笑的生理学上的例子。《蠡海集·人身类》说：人的上眼皮能运动，下眼皮不能运动，是因为观(第 20 卦)体现了视觉观念。此一卦为风性的巽(八卦第六)在上，能动，土性的坤(八卦第二)在下，不动。人的下颚动，上颚不动，这是因为颐(第 27 卦)体现了口的观念。此一卦为雷性的震(八卦第三)在下边，能动，山性的艮(八卦第五)在上边，不动。原文为：

> 人之目，上睫动，下睫静，为观卦之象，有观见之义，巽风动于上，坤地静于下。人之口，下颏动，上颏静，为颐卦之象，有颐养之义，震雷动于下，艮山止于上。

卦的符号体系与封建官僚体制之间的配合　李约瑟说，如果上述这些论证引起人们失望的话，我们就必须回忆一下，我们欧洲人的祖先们在 14 世纪的最后几十年，也就是剑桥大学较老的各学院创立的时候，其情形也好不了多少(362 页)。但是，以下情况使得《周易》的破坏作用就变得越来越明显，即《周易》那种精致化了的符号体系是与官僚制的社会体制相适应的一种世界观，“它是对自然现象的‘行政管理的途径’？当中国的科学著作者说某某卦‘支配着’某某时刻或现象时，当某种自然物体或事件据说是在某某卦的‘主管之下’时，我们就不禁想起在

政府机关工作的人们所熟悉的那套用语：‘相应咨转贵部查办’，‘转请贵部查照’，等等。《周易》可以说是构成了一个‘把各种观念通过正当渠道转至正当部门’的机构”。（364 页）“它诱使那些对自然界感兴趣的人停留在根本不成其为解释的解释上。”（363 页）

二　莱布尼茨在接触到《周易》以前已发明二进制

☆ ☆ ☆　　413

LETTRE XVIII.
DE MONS. DE LEIBNIZ
SVR LA
PHILOSOPHIE CHINOISE
A
MONS. DE REMOND,
Conſeiller du Duc Regent, et Introducteur des Ambaſſadeurs.

SECTION PREMIERE
DV SENTIMENT DES CHINOIS DE DIEV.

1. Les ſentiments des anciens Chinois, ſont beaucoup preferables à ceux des nouveaux. 2. Les penſees des Chinois des ſubſtances ſpirituelles. 3. Qu'il nous faut donner un bon ſens aux dogmes des anciens Chinois. 4. Du premier principe des Chinois, qu'ils appellent Li. 5. Des attributs de ce premier principe. 6. De l'unite de ce principe. 7. Dans quel ſens les Chinois appellent Dieu le grand Vuide ou Eſpace, la capacite immenſe. 8. Des autres Noms, que les Chinois impoſent au premier principe. 9. Le Pere Longobardi iuge, que ce Li n'eſt autre choſe, que la matiere premiere. 10. Mr. de Leibniz refute cette opinion. 11. Des proprietes diuines, que les Chinois ſelon la recenſion du P. de S. Marie attribuent à leur premier principe. 12. Pourquoi le Li des Chinois ne ſoit pas la matiere premiere? la premiere raiſon. 13. Vne autre raiſon. 14. Les ſentimens des Chinois de l'Eſprit. 15. De la premiere raiſon qu'apporte le P. Longobardi pourquoi le Li des Chinois ne ſoit que la matiere premiere. 16. La ſeconde raiſon. 17. La troiſieme raiſon du même. 18. Toutes les expreſſions des Chinois de leur Li, reçoivent un bon ſens. 19. La quatrieme objection du P. Longobardi. 20. La 5me objection. 21. Dans quel ſens les Chinois diſent, que les choſes

莱布尼茨《关于中国哲学的通信》的标题页
（选自李约瑟《中国科学技术史第二卷　科学思想史》）

李约瑟还就莱布尼茨（G. W. Leibniz，1646—1716）是受《周易》的启发而发明二进制的问题进行了批驳。他指出，莱布尼茨《论二进制算术》（*De Progressione Dyadica*）一文写于 1679 年，发表于 1703 年，这中间相隔 24 年。在这期间，从 1697 年到 1702 年之间，莱布尼茨和在华传教士白晋（J. Bouvet，1656—1730，1687 年抵华）有许多通信。1698 年，白晋引起了莱布尼茨对《周易》的注意。1701 年 4 月，莱布尼茨把二进制数字表寄给白晋，并认识到它与 64 卦的统一性，即以 1 代表阳爻，以 0 代表阴爻，可以把 64 卦解释为数字的另一种写法。同年 11 月，白晋才把宋代邵雍（1011—1077）的两张伏羲先天图寄给莱布尼茨。当时他们真以为是公元前 2000 年伏羲氏的。这就使得莱布尼茨非常兴奋，使他对中国哲学也产生了兴趣，决定发表他的《论二进制算术》，并加了一个很长的副标题：“它只用 0 与 1，并论述其用途以及伏羲氏所使用的古代中国数字的意义”。（367—368 页）

李约瑟认为，莱布尼茨当时这样做是为了给他的发明附加上宗教意义和神学意义。他说：“一切组合均产生于一和零，这好像是说，上帝创造万物是从零开始的，而且只有两条第一原理，即上帝与零。”莱布尼茨想用这种准数学论证来诱导中

国人接受基督教。(第368页)①

李约瑟认为,从数学上来说,二进位制和十进位制、十二进位制和十六进位制一样,没有什么特殊性,在当时也没有显出什么重要性。二进制的重要性只是到了20世纪控制论和信息论出现以后才显示出来。1949年维纳(N. Wiener, 1894—1964)在他的划时代著作《控制论》一书中说,这种算术已被人于1932年发现是对大型电子计算机最适用的系统,不论是电路开关或热离子阀,只要使用"开"或"关"两种位置就行。维纳并且猜想,高级生物机体中的神经细胞本身也是按照二进制算术原理在进行。李约瑟说得好:

研究用阴爻和阳爻的反复交替组成64卦的"变易"的占卜者,他们可以被认为是在进行简单的二进制算术运算,但是他们在这样做的时候,肯定是并没有认识到这一点的。我们必须要求,任何发明——无论是数学的或是机械的——都应该是有意识地做出并能供使用的。如果《易经》占卜者不曾意识到二进制算术,而且也未曾加以使用,那么,莱布尼茨和白晋的发现就仅仅具有如下的意义,即在邵雍的《易经》解说中所表现的抽象顺序系统是碰巧与包含在二进制算术中的抽象顺序系统相同而已。莱布尼茨和白晋相信是上帝启发伏羲把它纳入卦中,这一点我们不必纠缠。(369—370页)

参 考 文 献

[1] 李约瑟. 中国科学技术史:第二卷,科学思想史. [M]科学出版社,上海古籍出版社,1990.

Joseph Needham's View on the Influence of Yi Jing upon Science

This paper gives a brief description of Joseph Needham's view on the influence of *Yi Jing* (the Book of Changes) upon science. Needham considers that the Book of Changes was very harmful to the development of science in ancient China and the G. W. Leibniz had invented the binary system before he knew the Eight Trigrams system of the Book of Changes.

〔原刊《自然科学史研究》,第19卷,第4期,2000〕

① 李约瑟的这一论断在莱布尼茨于1703年5月18日写给白晋的信中,可以得到充分的证明:"您已经充分体会到了它在宗教中的主要功用之一,亦即创世的无与伦比的象征,也就是说,万物来源于惟一的上帝(1)和无(0),没有什么先在的原料。……我相信中国的学者们,当他们了解了这些想法,并且看到伏羲的所有创造都与我们的一致时,将会乐于相信这位巨人也乐于代表上帝(造物主)以及上帝从无创造万物的创世过程。"(《国际易学研究》第二辑,1—13页,1966年)

《何丙郁中国科技史论集》序

胡维佳同志说,他要为何丙郁先生编辑一本文集,并要我为这本文集写个序言。我听了以后感到非常高兴,但当拿到目录以后,看到收集的文章只限于用中文发表的28篇,又觉得有点遗憾。何先生用英文发表的许多重要论文,也应该有中文译本。这本书只能算是我们向国内广大读者介绍何先生学术成就的第一步。

何先生比我大一岁,大学毕业比我早一年,参加科学史工作也比我早一年。20世纪50年代末至60年代初,我拜读他的《中国古代关于日晕和幻日的观测》(与李约瑟合作)和《公元1048年至1070年中国关于极光的观测》(与J. Schove合作)等文章,尤其是他于1962年发表在《天文学前景》(*Vistas in Astronomy*)第5卷中的《古代和中世纪中国对彗星和新星的观测》一文,长达99页,收集有581条记录,是我和薄树人于1964年撰写《中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义》的基础性参考文献,有几个月时间,几乎每天必翻,获益匪浅。当时我很想写封信,与何先生取得联系,后经友人劝告,说此事不能做。按照当时国际国内形势,做了对双方都不利。对我,可能被认为是"里通外国";对何,可能被认为"私通中共",双方都有挨整的危险。"文化大革命"开始以后,这件事当然就不再想了。不料到1973年的11月初,突然接到何先生亲笔写的一封非常客气的信,说他在澳大利亚格理斐大学担任了现代亚洲学院院长,马上要陪他的校长夫妇来华访问,我们很快就可以见面了。我战战兢兢地把这封信呈送给驻在自然科学史所的军宣队,得到的回答是:"不能见!现在是停止一切业务工作,停止一切外事活动。"信也被没收了。

又过了五年,才迎来了科学的春天,迎来了改革开放的新纪元。1978年何先生再度来华访问,于11月29日上午在北京中苏友好馆向首都科学史界同仁介绍了国外研究中国科学史的情况,第二天下午在北京饭店四楼和少数人座谈,我们一见如故,谈得非常融洽。就在这次会上,我们勾画出了召开国际中国科学史讨论会的蓝图,并决定联系美国席文、日本中山茂等人共同努力,促成此事。四年以后,第一次会议于1982年8月在比利时鲁文大学胜利召开。第一次会议虽然不是何先生操办,但这个会议成为系列会议,一直坚持下来,何先生则居首功。

何先生不仅为系列性的国际会议立下了汗马功劳,而且为剑桥李约瑟研究所的扩建和发展做出了不可缺少的贡献。他在该所不拿薪金,却东奔西跑,到处为其寻找资助,创造发展机会。1992年担任所长以后,又联系纽约李氏基金会,自1994年起,每年资助一位大陆青年学者前往该所进修一年,这对我国科学史青年人才的培养起到了春风化雨的作用,效果非常明显。

何先生一身兼任了科学史工作的筹资者、组织者、宣传者和研究者,以他特有的才能,穿梭于欧亚澳美四洲,在这一领域起了承先启后的作用;而且他的研究工作富有特色,除了精通数学史、天文学史、化学史和医学史外,还开拓了一个从来不为人们所注意的领域。1995年6月10日他在李约瑟研究所举行的追思李约瑟的会上说:

李约瑟的《中国科学技术史》是在一种非常浓厚的撰写科学史的实证方法的思想氛围中构想出来的。……当我们谈论科学技术时我们想到的是那些能使我们理解或解释自然界,然后去加以利用的东西。当我们谈论中国科学时,我们应该问问自己:我们谈论的是否是那些传统中国人所想到的使他们理解和解释自然界,也许以利用它为目的的东西呢?

答案也许是:“啊!对!那么,宋代理学家怎样呢?他们在《中国科学技术史》第2卷《科学思想史》中已有一定的位置。”不!至少只是部分正确。我们至多将宋代理学家,如朱熹、张载和邵雍,看做是科学哲学家,而不是科学家,即使我们觉得在中国宋朝时能够使用这两个术语中的任何一个。宋代理学家从来都不是因为他们利用自然的知识而为人所知。然而,中国人却熟知与宋代理学家相关的三种神秘的技艺的名称,并使人能预测自然界的行为,比如,预测雨、雪和冰雹,等等,甚至也许能利用它们。这三种法术,也就是太乙、遁甲和六壬,在沈括的《梦溪笔谈》中都作为例子提到过,它曾被列为太史局天文生考试科目的内容。还有,明代罗贯中编写的《三国演义》中,据说诸葛亮曾用这种法术之一,改变了风的方向。当然,在现代知识的背景下,这些法术即使不被认为是伪科学,也被归于魔术的范畴。因此,他们一直被现代学者当做诸如此类的东西而被忽视了。但是,过去,在中国人的观念中,这些法术是关于自然的知识,而且是利用自然的方法。肯定的,它们理应受到对东亚科学史感兴趣的人们的注意。(《东亚科学史研究的前景》,中译见《自然辩证法通讯》,1995年第5期,38—41页)

何先生的这一论点非常正确。马克思在写《资本论》的时候说:“研究必须充分地占有材料,分析它的各种发展形式,探寻这些形式的内在联系。只有这项工作完成以后,现实的运动才能恰当地叙述出来。”(1975年中文版,第1卷第23页)“伪科学”(pseudo-science)一词,本无褒贬之意,与此类似的词汇有“笔名”(pseudonym)、“拟古主义”(pseudo-classicism)等,只是说它的想法与做法与现代科学知识不相容。现在已经有许多人意识到,在“科学”与“正确”之间不能画等号。托勒密的地心说,施塔尔的燃素说,都是错误的,但都是他们那个时代的科学,如果不承认这些是科学,那科学史就很少有东西可写了。科学是发展着的人们对自然界的认识,这个认识过程是曲折的,分析历史上科学发展的各种形式(有正确的、错误的,伪科学也是一种),探寻它们之间的内在联系,只有这样才能全面了解和评价中国传统科学,也只有这样,才能找出科学发展的规律。本文集中收集了与这方面有关的9篇论文,我认为这对开拓中国科学史研究的视野,很有好处。事实上,近年来已有些年轻的学者在何先生的影响下,从这个角度来研究中国和东亚科学史。

何先生学识渊博,著作等身,这里收集的只是极小的一部分,但我们希望读者能从这里开始发生兴趣,寻找何先生更多作品去看。同时,我们也祝愿何先生健康长寿,写出更多更好的作品,为中国和东亚科学史继续做出更大的贡献。

2000年2月9日

〔《何丙郁中国科学史论集》,沈阳,辽宁教育出版社,2001〕

《世界杰出天文学家落下闳》序

著名历史学家班固在编著《汉书》的时候说:“汉之得人,……历数则唐都、落下闳,……兴造功业,制度遗文,后世莫及。”唐都是司马谈的天文学老师。司马谈是汉武帝的太史令,负责掌管天文工作。司马谈死后,其子司马迁继父职,续任太史令。当时的太史令,不仅管天文历法,也管文物典籍、编写史书和为皇家的征伐、刑赦、祭祀等选择日期和提供天象根据。司马迁用了20多年的时间,总括从上古到汉武帝的历史,写成《史记》130卷,其中天文学内容除散见于各卷外,设有3卷专门叙述,即《天官书》、《历书》和《律书》。自此以后,凡是历史著作,几乎都仿照此例,对天文学设有专门篇章。2 000多年来我国天文史料得以大量保存,司马迁首创之功是不可磨灭的。

在司马迁担任太史令的时候,从秦朝继承下来的颛顼历,已经用了100多年,显得十分落后,非改不可。为了改革历法,司马迁采取开放政策,从民间招聘天文学家,破格用人。据记载,先后从全国各地招来20多人,落下闳是其中之一。

落下闳,复姓落下,名闳,字长公,今四川阆中人,于汉武帝元封年间(前110—前105)经同乡谯隆推荐,由四川到首都长安之后,与唐都、邓平等密切合作,制成太初历。太初历优于同时提出的其他17种历法,经过淳于陵渠组织鉴定,为汉武帝所采纳,于元封七年(前104)五月公布实行,并改此年为太初元年。太初历实行以后,汉武帝想请落下闳担任侍中(顾问),他辞而未受。

太初历在《汉书·律历志》中以“三统历”的名义有详细的记载,但它是一项集体工作,而且经西汉末年的刘歆(?—23)改订过,当年谁在其中做了哪些具体工作,很难分清。根据史书中的记载,落下闳只有“运算转历”、造浑天仪、测定星度等笼统的几句话。要根据这些片言只语来为落下闳写本传记,是件非常困难的事。

但是,科学史可以通过理性重构而发掘研究对象中潜在的知识结构,从而使内容丰富起来。查有梁的这本《世界杰出天文学家落下闳》就是理性重构的一个典范。

首先,他在四川大学已故教授吕子方研究的基础上,发现落下闳的运算方法是利用辗转相除法,从而得到一种近似分数,其计算程序与近代的连分数是一致的。其次,在对观测数据(回归年周期、置闰周期、交食周期、五星会合周期)进行处理时,落下闳用了系统反馈谐和法和系统周期逼近法,这两种方法至今仍是建立科学理论体系的重要方法。

此书虽为落下闳传,但内容涉及面很广,牵连到数学、物理、天文三大学科,时间也不仅仅限于古代。篇幅虽然不长,但精彩之论颇多。例如,作者设想一个“宇观人”,其大可与100亿光年相比,其寿命可与100亿年相比,他观测太阳系的时间要比太阳系天体运动的周期长很多很多。在这种情况下,宇观人观测太阳系内各行星的运动一定是模糊的粒子云图系,他或许用波函数来描写,使用几率论的语言,轨道概念对他是没有意义的、不可测的,从而得出结论说:

> 决定论总是一定条件下的决定论,几率论也总是一定条件下的几率论。既没有绝对

的决定论,也没有绝对的几率论。决定论和几率论在一定条件下是可以互相变换的。这些条件主要取决于时间空间和物质层次。

钱学森先生很同意这个论点,我也觉得确有创见,故愿为本书写序,乐为推荐。当然,一本书中的缺点和不足之处也是难免的,我相信查有梁同志会虚怀若谷,接受批评和建议。

2001年3月12日

〔查有梁著:《世界杰出天文学家落下闳》,
成都,四川辞书出版社,2001〕

科学精神:公正、客观、实事求是

[《中学历史教学参考》编者絮语] 众所周知,王大珩是享有盛誉的"科学大师"、"两弹一星"功臣、"863计划"的倡议者之一;于光远是马克思主义理论家、哲学家、经济学家、自然辩证法中国学派的开创者之一。新世纪伊始,2001年4月,他们两位共同主编的《论科学精神》一书,由中央编译出版社推出。凝聚心血成粹美,丹青难写是精神。本刊所"特别转载"的席泽宗院士的大作,即为其中的一篇,系由作者在中国科协一次会议上的讲话稿整理而成。

席泽宗院士是"我国当代杰出的科学史专家"(宋健)。他的大作,引用了本刊编辑部的文章(2000年第7期卷首),并加以肯定,我们自然不敢"得意忘形",毋宁认为是鞭策,是鼓励,是企盼。一位杰出的科学家能注意到小小刊物的一篇小小文章,且视之为"科学精神"的一个实例,更使吾辈感到"功不唐捐",惟有更加努力,"从我做起,从现在做起"以回报。人同此心,心同此理,相信这也是广大读者及整个社会所要求于我们的。如果在科学业已昌明的20世纪,我们能相应地多一些"科学精神",能少犯多少错误少走多少弯路少演多少"几乎无事"的大悲剧呀,任什么五花八门的"神功"不一而足的"歪理邪说"也无从堂而皇之招摇过市蛊惑人心了。

1994年7月我写了篇文章,题为《科学精神与传统文化》。这篇文章到某报8月22日发表的时候,将题目改为《传统文化中的科学因素》,并将"科学精神"四个字砍掉了,而且对内容进行了大量的删减,牛头不对马嘴,失去了我的原意,而且事前没有跟我商量。

这篇文章是着重讨论科学精神的,并不是讨论中国传统文化中有没有数学、天文学、物理学等因素。文章一开头就说:"自然科学和社会科学虽然研究对象不同,所用方法也有差别,但为扩大认识领域,寻找真理、追求真理的精神是一致的,它们都要求公正、客观、实事求是,不允许伪造证据和做任何艺术性的夸张,这种共性应该说就是科学精神。"

接着介绍了美国科学社会学家罗伯特·默顿(Robert K. Merton)关于科学精神的理论研究。默顿的理论,在李醒民《探索科学精神的人文底蕴》和刘华杰《"科学精神"的多层释义和丰富涵义》文章里都提到了。我当年的介绍被编辑先生全部砍掉了,原文如下:

关于科学精神的理论研究,美国科学社会学家默顿于1942年发表过一篇重要论文,题为《科学的规范结构》(李醒民中译,见《科学与哲学》1982年第4期)。在这篇文章中,默顿给科学精神下了一个定义。他说,科学的精神气质是有感情情调的一套约束科学家的价值和规范的综合。这些规范用命令、禁止、偏爱、赞同的形式来表示。它们借助于习俗的价值而获得其合法地位。这些通过格言和例证来传达、通过法令而增强的规则在不同程度上被科学家内在化了,于是形成了他的科学良心,或者人们如果愿意用现代术语的

话，也可以说形成了他的超我。按照心理学家弗洛伊德的学说，人的结构由本我、自我和超我构成。本我，是充满动物本能的潜意识，超我是道德化的自我，包括通常说的“良心”和自我理想。

默顿的这段定义实在太抽象了，连默顿本人也觉得不能说明问题，于是他又提出四种惯例的规范作为科学精神的组成。其一是普遍性(universalism)，对正在进入科学行列的假设的接受或排斥，不取决于该学说的倡导者的社会属性或个人属性，也就是说与他的种族、国籍、宗教、阶级和个人品质无关。其二是共有性(communism)，任何科研成果都是社会协作的产物，并且应该分配给全体社会成员，发现者和发明者不应据为私有。其三是无偏见性(disinterestedness)，反对欺骗、诡辩、夸夸其谈、滥用专家权威等等。其四是有条理的怀疑性(organized scepticism)，坚持用经验和逻辑的标准，审查和裁决一切假说和理论，而决不盲从。

默顿的文章发表以来，在国际上引起了许多讨论，有的提法与默顿相近，有的则更烦琐，这里不能一一列举。值得指出的是，比默顿早一年，即1941年，我国科学家竺可桢就发表了《科学之方法与精神》一文，对这个问题作了精辟的论述。他不是从定义出发，而是从事例分析得出了言简意赅的结论。

也许由于篇幅的原因，某报把以上1 000字的内容全部给删去了，使我觉得非常遗憾。我本来想用比较的手法，使一些人明白，不必事事西天求佛，我们土产的东西也有好的。这样一删，原来的寓意就没有了。

我这里还想引用西安《中学历史教学参考》杂志2000年第7期编辑部文章——《科学精神》，来看看竺老的思想已经如何地转化为物质力量。该文说：

什么是科学精神？怎样进行科学精神的教育、培养，或者说怎样才能养成“科学精神”？这个问题，人们已进行过许许多多探讨，让我们从“历史”中寻找“一种”回答吧！

竺可桢，我国近代科学的重要推动者，他心目中的“科学精神”，包含三个方面，是从近代科学家“哥白尼、布鲁诺、伽利略、开普勒、牛顿、波义耳等人身上总结出来的”，见诸在1941年第1期《思想与时代》上问世的论文：《科学之方法与精神》。1980年，在一篇纪念文章中，席泽宗院士对竺老所论三方面加以重申，而为钱临照院士所首肯，“宜为我辈所宗”。几代科学家所总结出来的“科学精神”三方面都包含一些什么具体内容呢？

(1) 不盲从，不附和，一以理智为依归。如遇横逆之境遇，则不屈不挠，不畏强暴，只问是非，不计利害。

(2) 虚怀若谷，不武断，不蛮横。

(3) 专心一致，实事求是，不作无病之呻吟，严谨整饬毫不苟且。

准此，高喊空洞无物的口号，见风使舵人云亦云的态度，急功近利实用主义的哲学，都跟“科学精神”相去甚远甚至南辕北辙。“科学精神”无比崇高，又非常具体，一点一滴，要“从我做起，从现在做起”。离开了课本和教学过程所包含、渗透、体现出来的“科学精神”，所谓“素质教育”，所谓“知识创新”，只可能慢而不可能快，终难有大成。进而言之，西方的“文艺复兴和宗教改革”，中国的“反对文言提倡白话”，所以能由“旧”而生“新”，引起社会各方面深刻变化和巨大进步，“科学精神”是一个最重要的动因。

竺可桢后来在浙江大学的一次演讲中,又把上述这三点归纳成为两个字:“求是”。他认为“求是”精神就是追求真理(实际上包括创新),忠于真理。真理是客观世界及其规律在人们头脑中的正确反映,它往往是人们通过千辛万苦的努力才能得到。例如开普勒一生在艰苦中挣扎,一直穷到死,才发现行星运动三定律。有些真理已经发现了,但还得不到多数人的承认,还得斗争。布鲁诺和伽利略为宣传哥白尼学说视死如归的精神,使竺可桢在讲演结束时高呼:“壮哉求是精神!此固非有血气毅力大勇者不足与言,深冀诸位效法之!不畏艰险勤习之!”

把竺老谈的三点和默顿谈的四条规范相比,我觉得并无多大差异:竺(1)=默(4),竺(2)=默(3),竺(3)=默(1),默顿只多一条公有性。把竺老谈的三点和周光召院士1996年在第一次全国科普工作会上的讲话《加强科学普及,弘扬科学精神》(全文见1996年2月14日《中国科学报》)中所谈五点,以及江泽民总书记2000年6月5日在两院院士大会上讲话(全文见《中国科学院院刊》第15卷第4期,241—244页)中所谈四点相比,基本上也是一致的。

周光召认为科学精神包括五点内容:(1)平等和民主,反对专断和垄断,这相当于竺可桢的第二点;(2)既要创新;(3)又要在继承中求发展,这相当于竺可桢的第三点;(4)团队精神,此点竺可桢未提到;(5)求实和怀疑精神,这相当于竺可桢的第一点。

江总书记说:“科学精神的内涵很丰富,最基本的要求是求真务实,开拓创新。”弘扬科学精神,就要:

(1)解放思想,实事求是,勇于面对科技发展和各项工作中的新情况,新问题,通过研究和反复实践,不断创新,不断前进。这相当于竺可桢的第三点。

(2)热爱科学,崇尚真理,依据科学原理和科学方法进行决策,按照科学规律办事。这相当于竺可桢的第一点。

(3)勤于学习,善于思考,努力用科学理论、科学知识以及人类创造的一切优秀文明成果武装自己。这相当于竺可桢的第二点。

(4)甘于奉献,攀登高峰,为祖国为人民贡献一切智慧和力量,敢于战胜前进道路上任何困难和艰险,始终勇往直前。竺可桢在演讲中所歌颂的求是精神和这是一致的。

江总书记最后说:“总之,要实事求是,探索求知,崇尚真理,勇于创新。”我觉得把科学精神归结成为这样十六个字,简洁明了,便于记忆,便于实行,就很好了。至于理论上的深入探讨,学者们之间当然还可以进行。

〔原刊《中学历史教学参考》(西安),2001年第6期〕

《中国科学史论集》序

台湾大学刘广定教授,1968年在美国普度大学获博士学位,是一位化学家,至今在有机化学方面已发表论文100多篇,很有成就,关于有机制备和溶质反应机理的研究于1988年获得在台湾地区荣誉最高的理科学术奖。他还是一位教育家,1970年以来一直在台大化学系任教,其间并于1993年至1996年兼任中央大学化学研究所所长和该校化学系主任。

科学史只是他的业余爱好,自己经常谦虚地说"未入史学门墙",但是他在科学史方面的成就远高于有些专门从事科学史工作的人。而今,他愿把近20年(1980—1999)来在科学史方面发表的论文予以挑选,汇集成册,重新公布于世,我认为这是一件好事,对于推动我国科学史事业的发展大有裨益,故愿为序,推荐给读者。

我和刘教授第一次见面是在南半球的澳大利亚。76年才回归一次的哈雷彗星正好闪耀在我们的头顶上,那是1986年5月在悉尼大学召开第四届国际中国科学史会议。我们一见如故,谈得非常融洽,因为在此之前我们早有文字之交了。1981年我在日本访问3个月,看到了在大陆上看不到的许多台湾同行们的作品,后来在《中国科技史料》1982年第2期上写了一篇《台湾省的我国科技史研究》,文中多次谈到刘的工作。我对他1980年在《科学月刊》上发表的《谈中国科技史的研究方向》非常赞赏。他说:

> 我们研究中国科技史,不要随意附和他人,也不要颠倒黑白,甚或无中生有;陈说过去固然重要,但找出近代衰落的根本原因,能作为当前发展科技工作改进的借鉴,则更为重要。

他不但是这样说的,而且是这样做的。1963年鲁桂珍和李约瑟在世界最权威的英国《自然》杂志上发表文章《中世纪固醇类性激素的制备》(Medieval Preparations of Urinary Steroid Hormones),宣称德国化学家温道斯(W. Windows)于1909年所完成的合成性激素结晶的工作(彼因此获得1928年度诺贝尔化学奖),中国人至迟在11世纪就已经做到。此说一出,广为世界各国科学家所信。美国芝加哥大学生殖内分泌学专家阿什曼(W. Ashman)和雷迪(A. H. Reddi)著文说:李约瑟和鲁桂珍揭开了内分泌学史上激动人心的新篇章,……向我们显示了中国人在好几百年前就已经勾画出20世纪杰出的甾体化学家在二三十年代所取得成就的轮廓。(文载 *Physiological Review*,1971,p.71—72)? 日本关西大学生物学史教授宫下三郎从1965年至1969年连续发表三篇论文,论证李约瑟的推断是正确的。在国内,当然更是一片欢呼声,认为这是我国宋代"在提取和应用性激素的辉煌成就"。

就在这样一面倒的肯定形势下,刘广定则特立独行,别标一帜,经过对有关资料的仔细研究,发生了怀疑,持否定态度。他于1981年连续发表了四篇文章,其中最重要的一篇《从北宋人提炼性激素谈科学对科技史研究的重要性》已收在本文集中。李约瑟的根据是宋代叶梦得《水云录》中的阳炼法,即用皂荚汁沉淀大量人尿所得的"秋石"。否定秋石为性激素,刘所持的

理由有三:(1)中国所用的尿是童男童女的尿,他们尿中的性激素肯定很少;(2)不是所有的皂甙都能与胆固醇或其他固醇类化合物形成沉淀;(3)秋石在常温下潮解,与甾体性激素稳定性不合。

我在《中国科技史料》上介绍了刘的这项工作以后,中国科学技术大学的张秉伦和孙毅霖立即行动起来。他们为了判定是非,经过长期酝酿,选择了宋代沈括当年提炼秋石的所在地——安徽宣城作为模拟实验场所,对秋石方三种典型提炼法做了模拟实验,并进行了理化检测和分析,最后的结论是:刘的观点是正确的,李约瑟和鲁桂珍错了!(张和孙的论文载《自然科学史研究》1988年第2期。孙现已到上海交通大学担任科学史系副主任)

其后,虽有美国学者黄兴宗等人宣称能从人尿取得性激素,但所用方法与中国古代不同,尚不足以动摇刘的结论。(黄文《对中世纪中国药物"秋石"特性的试验》见《中国图书文史论集——钱存训先生80生日纪念》,1991年在北京和台北分别出版)

除了上述这一重大成就以外,刘在科学史领域还有一系列持之有故、言之成理的独到见解,例如:

(一) 从出土的殷商至战国时期青铜器的化学组成和尺寸,以及这一时期的车马坑中出土的车轮的轮径、牙围的尺寸和辐数,它们与《考工记》内容大不相同,从而断定此书并无实用价值;又从器物种类断定此书为秦汉时期所编,而非战国时期作品。(《从钟鼎到鉴燧——六齐与〈考工记〉有关问题试探》,1991;《从车轮看〈考工记〉的成书时代》,1999)

(二) 1965~1971年间,在湖南长沙出土的汉代长信宫灯被李约瑟误认为升华器,刘纠正了这一错误。他还认为李约瑟等修正的那些《道藏》中的反应图是否属实,洵属可疑。(《中国古代炼制金丹器具的一些问题》,1986)

(三) 从文献资料的可信性和合理性考虑,检讨炼制金丹方法和中国人明确认识硝石的时期等,得出火药起源不会太早,只能在公元9世纪初,即唐宪宗时代。(《火药源起时期的问题》,1986)

(四) 认为中国人很晚才懂得蒸馏,元代以前不会有蒸馏酒。(《元代以前中国蒸馏酒的问题》,1995)

(五) 发现"化学"一词于咸丰五年(1855)以前已在上海墨海书局的出版物中使用,并非从日本或韩国传入。(《中文"化学"源起再考》,1992)

以上这些见解不一定所有的人都能同意,也不一定是最后的结论。但他仔细认真和独立思考的精神是值得肯定的,而他所提出的研究中国化学史必须注意的几点(见《民国以来的中国化学史研究》第四部分"一些检讨")尤为重要,具有普遍意义,大家如能遵照去做,则我国的科学史研究必能做得更好些。愿与大家共勉之。

2001年4月3日

〔刘广定著:《中国科学史论集》,台北,台湾大学出版中心,2002〕

《中国道教科学技术史》序

什么是宗教？什么是科学？要下个确切的定义，很难。简单地说，它们都是一种社会现象，都是人类文明的构成部分。宗教具有长期性、群众性、民族性、国际性和复杂性，要把它和科学的关系弄清楚，更难。历来研究者，基本上有三种不同的看法：一种认为宗教与科学是对立的；一种认为是和谐的；一种认为不可一概而论，它们之间既有对立和冲突，也有相互交叉和相互渗透，还有既不对立也不融洽，二者互不相干之时，一切皆以时空条件和涉及的问题为转移。

关于中国土生土长的道教与中国古代科学的关系，也不外乎以上几种看法。疑古派学者钱玄同(1887—1939)把道教视为科学的死敌。他说："欲袪除妖精鬼怪、炼丹画符的野蛮思想，当然以剿灭道教为惟一的办法。"(《中国今后之文字问题》)不过，他是把道家和道教区别开的；他反对道教，并不反对以老、庄为代表的道家。

1956年英国科学史家李约瑟在他的巨著《中国科学技术史》第二卷《科学思想史》中则把道家和道教统称为"Taoism"(中文均译为"道家")，并给予很高的评价。他说："Taoism哲学虽然含有政治集体主义、宗教神秘主义以及个人修炼成仙的各种因素，但它却发展了科学态度的许多最重要的特点，因而对中国科学史是有头等重要性的。此外，Taoism又根据他们的原理而行动，由此之故，东亚的化学、矿物学、植物学、动物学和药物学都起源于Taoism。……Taoism深刻地意识到变化和转化的普遍性，这是他们最深刻的科学洞见之一。"(科学出版社1990年中译本，175—176页)李约瑟甚至认为"道家思想乃是中国的科学和技术的根本"，(145页)"中国如果没有道家思想，就会像一棵某些深根已经烂掉了的大树。"(178页)

日本学者中山茂在李约瑟70岁寿辰的时候写了一篇文章，题为《李约瑟——有机论哲学家》，指出："诚然，道教的资料的确提供了一块未开垦的肥沃土地。但是，把科学发展的这个简单公式 $\frac{道家}{儒家}=\frac{促进}{阻碍}$ 一概强加于最终结果的做法，无论多么有助于得出一些工作假设，这种做法都会使人误入歧途。"(中译见《科学史译丛》，1982年第3期，23—33页)中山茂认为："从本质上讲，宗教与科学无关，因此要对它们之间的关系建立严格的法则，在实践上是不可能的。"

美国学者席文(N. Sivin)则进一步认为："没有证据表明在Taoism和科学之间存在任何普遍的和必然的联系。至少要给出某个人与这种或那种Taoism的从属关系，才能让我们设想，我们或许会发现Taoism对科学探索的态度；或者，哪怕给出某个涉及了科学、技术或医学的人，让我们发现其Taoism的动机。然而，这些例证都是找不到的。无论我们考虑道的哲学还是宗教，这一点都是成立的。"(Taoism and Science, in N. Sivin: *Medicine, Philosophy and Religion in Amaiend China*, Researches and Reflections, p. 1—72)按照席文的分析，作为道教茅山宗的集大成者的陶弘景(456—536)所从事的炼丹和医药学实践也不能算是道教科学，"就像我们不会因为道士吃大米而宣称大米是道教的"。(同上书，319页)

针对席文关于道教与科学之间无任何关系的结论，沃尔科夫(A. Volkov)举出元代科学家

赵友钦为例，予以反驳。赵友钦为元代全真道重要人物陈致虚的老师，著有《仙佛同源》、《金丹正理》和《金丹问难》等书，但他的《革象新书》具有很高的天文学和物理学水平，他的光学实验走在当时世界的最前列。沃尔科夫认为，赵友钦宇宙学的认识论结构，乃是以内丹学说为基础，而他所探讨的数学和天文学问题，同全真道的修道理想和证道模式之间则存在着内在的理论联系。他说："科学同它更为普遍的社会和知识背景之间的关系，要比李约瑟和席文所设想的更为微妙而复杂得多。不幸的是，在那些罕见的现存资料中比我们所愿看到的更为晦涩。"(Science and Taoism, An Introduction，见 Journal for History and Philosophy of Science(Taiwan),1996,Vol.5,no.1,p.30)

沃尔科夫例证的办法很好，但还不是全面占有资料的系统研究。近年来，国内也出了一些具有概括性的研究，如金正耀的《道教与科学》(中国社会科学出版社，1991)和祝亚平的《道家文化与科学》(中国科学技术大学出版社，1995)，但还不够详尽。现在，作为国家"九五"规划重点项目的大型多卷本《中国道教科学技术史》，在姜生博士的主持下，近于完成。该书对《道藏》内外的道教典籍和相关文献进行全面系统研究，建立在中外已有研究的基础上，在学术理论和观点上取得了创新性的突破，材料丰富，立论新颖，新见迭出，可读性强，对研究道教科技，对研究宗教与科学的关系，对研究中国科技史、宗教史、思想史、文化史、社会史和哲学理论都有裨益。我们希望通过该书的出版，拓展对中国科学技术史的研究，增进对中国传统文化尤其是道教文化的理解。

道教以修道成仙为理想，其科学思想结构的特殊性，加重了理解和把握它与科学的内在关系的难度。以复归于道为基本思维方式的道教科学思想，最重要特征之一，就是天人合一。理解中国的天人关系思想，是认识和理想中国宗教、中国科学的重要起点。正是在天人关系问题上，中西走向了不同的方向，最终发展出了各自的科学思想和宗教思想。钱穆晚年说自己"彻悟"天人合一观"实是整个中国传统文化思想之归宿处"，并"深信中国文化对世界人类未来求生存之贡献，主要亦即在此"，认为"此下世界文化之归结，恐必将以中国传统文化为宗主"，说这"是中国文化对人类最大的贡献"。(钱穆：《中国文化对人类未来可有的贡献》,《中国文化》1991 年第 4 期)李约瑟说："人类在向更高级的组织和联合形式进展的过程中，在当前我们所面临的许多统一的任务之中，我想最重要的任务就莫过于欧美文化和中国文化之汇合了。"(《四海之内——东方与西方的对话》，三联书店 1987 年版，第 94 页)剔除其宗教神秘主义成分，道教科学及其思想的合理成分可为人类科学的未来提供重要的思想资源。

科学出版社在出版李约瑟的《中国科学技术史》和卢嘉锡主编的《中国科学技术史》的同时，又出版姜生、汤伟侠主编的《中国道教科学技术史》，三箭齐发，成果辉煌，亦可贺也，故乐为序焉。

2001 年 12 月 20 日

〔姜生、汤伟侠主编：《中国道教科学技术史·汉魏两晋卷》，北京，科学出版社，2002〕

A Survey of the Xia-Shang-Zhou Chronology Project*

1. Goals

In connection with the history of science, the Xia-Shang-Zhou Chronology Project is one of the important projects of the National Key Science and Technology Research and Development Programme of the Ninth Five-Year Plan. It officially began in May 1996. After five years of effort by more than 200 scholars and experts from the Chinese Academy of Sciences, the Chinese Academy of Social Sciences, Peking University and other institutions, the project has attained its goal. The general goal of the project is to establish a chronological table for the three dynasties by means of combining the humanities and social sciences with the natural sciences. The concrete goals for different historical periods are:

1. *To ascertain relatively accurate years for the reigns of kings of the Western Zhou Dynasty before the first year of the Gonghe Era, i.e. 841B.C.*;

2. *To ascertain relatively accurate years for the reigns of the rulers of the late Shang Dynasty, from King Wuding to King Zhou (Dixin)*;

3. *To provide a relatively detailed chronological framework for the early Shang Dynasty; and*,

4. *To provide a basic framework for dating the Xia Dynasty*.

The concrete goals for the four periods are different because the available historical data and archaeological findings are different: the more ancient, the less information we have.

2. Background

China has attached importance to history since ancient times. Every dynasty appointed official historians. From the Han Dynasty on, the history of each dynasty was written by official historians of the succeeding dynasty. This tradition began with Sima Qian, an official historian of Han Dynasty who lived around 100 B.C.: he collected a great amount of historical literature, and, in the manner of textual criticism, wrote down the history from the Five Emperors to the Han Dynasty in a book titled *Shiji* (Historical Records). According to this book, the first state in Chinese history was the Xia Dynasty, which was succeeded by the Shang Dynasty and then the Zhou Dynasty. King Ping of Zhou moved the capital eastward to Luoyang in 770 B.C. The Zhou Dynasty before 770 B.C. is consequently known as Western Zhou, while that after as the Eastern

* A plenary lecture at the 9th International Conference on the History of Science in China, 9—12 October, 2001, Hong Kong.

Zhou. From 841 B.C. on, all major events were recorded annually in *Shiji* and the succeeding historical books. But for the Xia, Shang and Western Zhou before 841 B.C., *Shiji* contained only a list of the kings with their genealogy, without the years of their reigns. The author Sima Qian explained that the dates he could find from what he had read were divergent and made it hard to determine a chronological table. So before the Xia-Shang-Zhou Chronology Project, we had only an estimated chronology for the Xia, Shang and Western Zhou, namely:

Xia: c.21st—16th century B.C.

Shang: c.16th—11th century B.C.

Western Zhou: c.11th century—771 B.C.

During the first part of the 20th century, some skeptical scholars believed that historical knowledge of what existed before the Eastern Zhou was based only on myth and legend, and, because of a lack of substantial evidence, was not credible history. But the site of Yin, the capital of the late Shang, was found in 1928 at Anyang City in Henan Province. Numerous pieces of turtle shell and ox bones used for divination were excavated, on which were carved inscriptions now known as oracle bone inscriptions. Decipherment of oracle bone inscriptions showed that the line and genealogy of Shang Kings recorded in the *Shiji* really existed.

3. Problems and Arguments

But there are still quite a lot of problems and arguments concerning ancient Chinese chronology. We have a great amount of ancient literature but the chronological records scattered among them are inconsistent. Some versions were handed down from ancient times, some inferences by later people were based on their preferred calendars, and some records appeared fairly late without any explanation left for their origins. Thus their credibility tends to vary. Furthermore, there may be several different understandings of the same record.

For more than two thousand years, Chinese and foreign scholars attempted to determine the ancient Chinese chronology by astronomical methods. The main sources of evidence are the records of cyclic astronomical phenomena, and the records of some key calendrical dates.

However, the results were different, because they may have used different calendars, with different degrees of accuracy, and the literary sources may have been different, too. For example, the conquest of Shang by King Wu of Zhou is a key event in ancient Chinese chronology. It has been studied since the beginning of the Christian era, when scholar Liu Xin (? —23 A.D.) dated it as 1122 B.C. with the *Santong* calendar he invented. From that time till our project was implemented, at least 44 different solutions have been offered for this problem. They span 112 years, from 1130 B.C. to 1018 B.C.

Another important argument is about the understanding of some of the vocabulary in bronze inscriptions. The contents of this kind of inscriptions quite frequently included date information with four elements, namely, the year, month, day and some dating terminology. The dating terminology is mainly related to the phase of the moon, and is useful for calculating the dates. But the problem is how to understand the dating terminology, which is controversial and leads to different results.

So the previous situation is that there were many different opinions but we still had no widely acceptable chronological table or frame for the Xia, Shang and Western Zhou Dynasties.

4. New Conditions

However, research conditions have gradually matured in recent years. First, during recent decades, Xia-Shang-Zhou archaeology has seen remarkable progress. Abundant material has been provided. Second, some important bronze vessels of the Western Zhou have been found. More and more material concerning Xia-Shang-Zhou astronomical phenomena and calendar dates has become available. Third, modern computerization has made the pinpointing of the time of ancient astronomical phenomena much easier and more accurate. Finally, the techniques of ^{14}C dating have improved greatly. The use of accelerator mass spectrometry (AMS) has greatly reduced the sample size required, which has enlarged the selectable range of samples and made it possible to extract effective components from samples and ensure the reliability of the results. Recently, the use of the Bayesian statistical method with serial samples can reduce the errors of calibrated calendar ages to an acceptable level.

So, by the end of the 20th century, we were positioned to set ourselves the task of establishing the chronological frame of the Xia, Shang and Western Zhou Dynasties on a scientific basis.

5. Research Methods

The research methods of the project can be divided into two kinds: one is textual study and astronomical calculations, the other is archaeological study and radiocarbon dating.

1. *Textual study and astronomical calculations*. All the written information on dates, astronomical phenomena and calendar of the Xia, Shang and Zhou in Chinese literature of various periods, as well as on oracle bones and in bronze inscriptions, have been collected, judged and examined carefully. The relevant astronomical and calendrical records have been calculated by modern astronomical means.

The method of astronomical and calendrical calculation can give very accurate dates. In the Xia-Shang-Zhou period, the Chinese used a calendar with solar year and lunar month, and used a special method to designate the day. It is a 60-day-cyclic method called *ganzhi*. There are 10 symbols in a set of Heavenly Stems and 12 symbols in a set of Earthly Branches. So 60 pairs of *ganzhi* can be combined by taking one symbol from each set. It is generally agreed that this system was continuously used through thousands of years. Thus, if we know the time range and *ganzhi* of a certain cyclical astronomical phenomenon, such as a solar and lunar eclipse, or a planetary position, we can calculate the date of this phenomenon. As both the *ganzhi* and the phenomenon are cyclical, the calculation usually gives several different possible time points. In order to obtain a single result, a suitable known time range is needed.

As a typical example, there was a record in the old text of *Bamboo Annals*, which said a double dawn occurred at Zheng in the first year of King Yi's reign of the Western Zhou. Zheng is a place near today's Xi'an, and double dawn means the sky became bright twice in the same morning. The most possible explanation of this phenomenon is that a solar eclipse occurred around sunrise. The project established a mathematical model to describe the changes in brightness of the sky, and area over which a double dawn could be perceived can be calculated with the model. Comprehensive calculations of all solar eclipses that occurred from 1000 B. C. to 840 B. C. demonstrate that the solar eclipse occurring on the 21st April 899 B. C. was the only one that could cause the phenomenon of a double dawn at Zheng during that period. So the first year of

King Yi's reign should be 899 B.C. Figure 1 shows the calculation results.

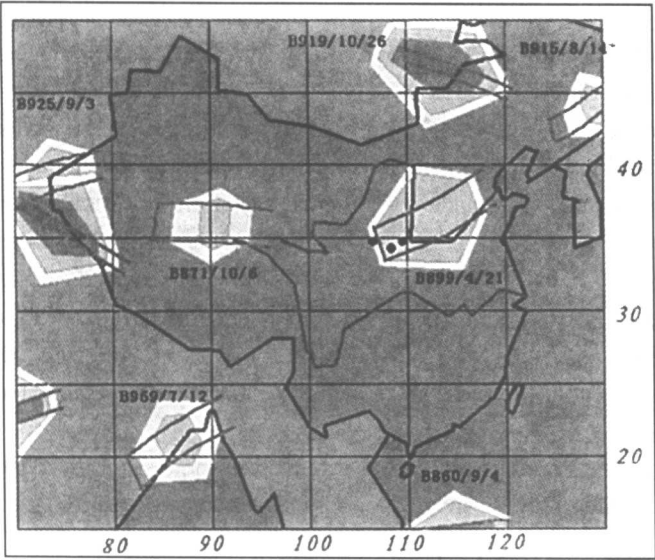



Fig. 1 Visible "double dawn" in China during 1000—840 B.C.

2. Archaeological study and radiocarbon dating. *All archaeological remains closely related to the dating of the Xia, Shang and Western Zhou Dynasties are systematically studied. The main method of dating technology is ^{14}C dating, including the conventional method and AMS analysis. For radiocarbon dating, it is necessary: (1) to select serial meaningful samples from typical archaeological sites; (2) to extract suitable components from these samples; (3) to improve the dating precision, the measuring precision of both conventional and AMS ^{14}C dating surpassed 0.5%; (4) to use serial samples and the Bayesian method to calibrate the samples' calendar ages.*

Table 1 Dating of Tianma-Qucun Site

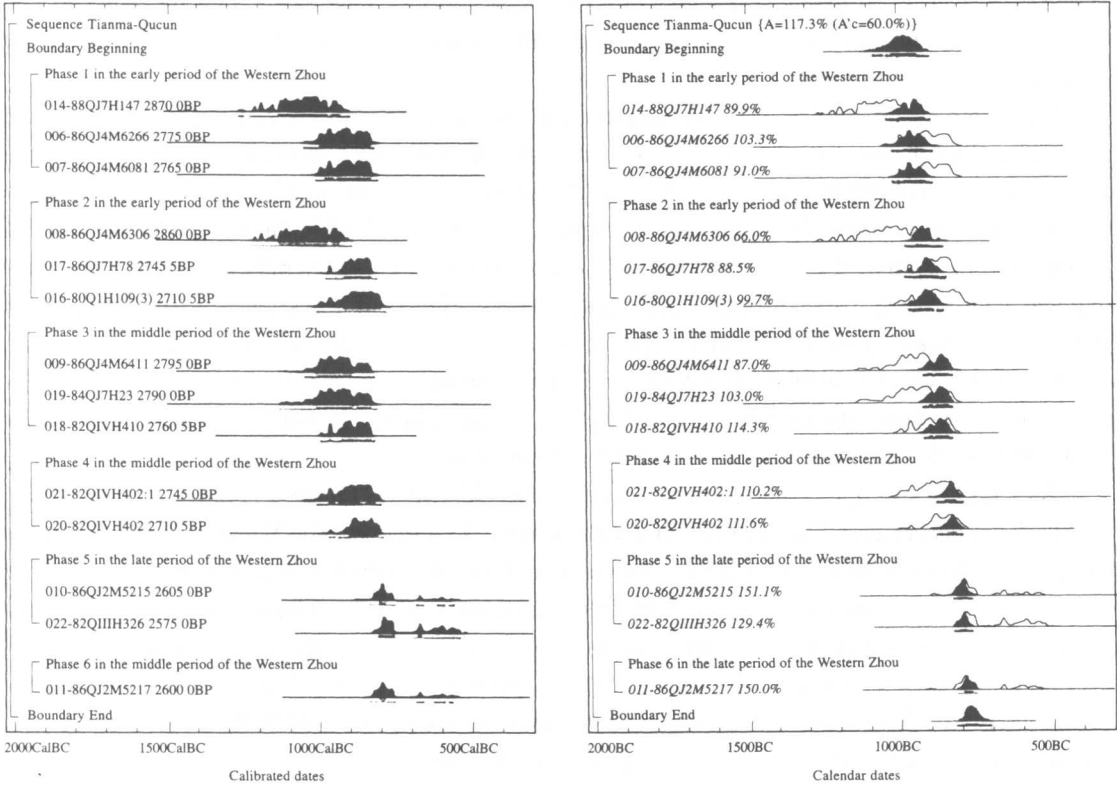



Table 2 AMS Dating Results of the Cemetery of Jin Marquises

ToMB		Marquis' name on bronze	Marquis' name in Shiji	^{14}C age (BP)	Calendar age (BC)	Date in Shiji (BC)
Marquis	Wife					
M9	M13		Marquis Wu	2784±50	935—855	
				2727±53	930—855	
M6	M7		Marquis Cheng		910—845	
M33	M32	Boma	Marquis Li	2734±50	880—831	
M91	M92	Xifu	Marquis Jing		860—816	858—841
M1	M2	Dui	Marquis Li		834—804	840—823
M8	M31	Su	Marquis Xian	2640±50	814—796	822—812
				2684±50	814—797	
				2560±57	810—794	
				2612±50		
				2574±51		
M64	M62 M63	Bangfu	Marquis Mu	2671±38	804—789	811—785
				2555±50	800—785	
				2541±53	800—784	
M93	M102		Marquis Wen (or Shang shu)	2517±57	789—768	784—781 (Shangshu) 780—746 (Marquis Wen)
				2595±50		
				2531±53		

In order to illustrate the method, let's see an example, the dating of the Tianma-Qucun site in Shanxi Province. It was an early capital of the Jin State in the early period of the Western Zhou. Seventeen large tombs belonging to eight Jin Marquises and their wives were unearthed at the central area of the site. Serial samples were collected from the tombs and around. Dating results were calibrated. In table 1 the left side is the calibration results without Bayesian method. The calendar age intervals are large. But on the right side, with Bayesian method, the intervals were narrowed obviously. Table 2 is AMS dating results for the tombs of Jin Marquises.

3. *All results from the above two fundamental lines are compared and matched*. Their comprehensive utilization ensured that the results from different fields are cross checked with each other, thus guaranteeing the reliability of our new chronological table. As an example, let's see the key point of the 33rd year of King Li of the Western Zhou. A very important archaeological finding in recent years was the discovery of the chime-bells of Marquis Su of Jin in Tianma-Qucun site. There are 16 bells in total and 335 inscribed characters on them, including seven items of calendrical data and five words of dating terminology in the 33rd year of a king. Figure 2 is one of the 16 bells. According to the literature, there were only two kings ruling over 33 years in the late Western Zhou, i.e. King Li and King Xuan. The *Basic Annals of Zhou* chapter in the *Shiji*

says that King Li ruled for 37 years, but the *Lineage of Wei* chapter in the *Shiji* and the current *Bamboo Annals* give less than 30 years for King Li's reign. From a charcoal sample from M8, the tomb of Marquis Su, the conventional method gives the dates 816—800 B. C., while the AMS method gives the dates 814—796 B. C. According to the *Shiji*, Marquis Su died in the 16th year of King Xuan's rule, i. e. 812 B. C. The results from the two methods are not only consistent with each other, but also with the year of death of Marquis Su as recorded in the *Shiji*. So the 33rd year should belong to King Li, and thus King Li reigned for at least 33 years. Accepting the reign years of King Li in the *Basic Annals of Zhou* chapter in the *Shiji*, i.e. King Li ruled for 37 years, and taking 841 B.C. as the last year of King Li's reign, the 33rd year was 845 B.C. All the months, days and moon phases could be calculated by astronomical means for the two years. The calculation results for 845 B.C. coincide with the records on the chime-bells of Marquis Su, while the results for 841 B.C. are consistent with inscriptions on another bronze vessel, a tripod named *shan-fu-shan ding*, which recorded the month, date, and dating terminology for the 37th year of a king. So the 33rd year of King Li, which is only four years before 841 B.C., is a key point, by which the first year of King Li is dated to 877 B.C.

Fig. 2 One of the 16 chime-bells in memory of Marquis Su of Jin's military exploits

6. Research Results

1. *Our research is not limited to the time before* 841 *B.C.* The investigation scope is expanded into the Spring and Autumn period (770—476 B.C.), which has a lot of literature and astronomical data. On the one hand, from the calendar of the early Spring and Autumn period, we can deduce the possible characteristics of that of the Western Zhou; on the other hand, based on the bronze inscriptions after 841 B. C., we may conjecture the meaning of the dating terminology and the reign years of King Xuan and King You, the results of which are consistent with the record in the *Shiji*. Figure 3 is the *Wuhu ding*, a tripod unearthed in 1992: from its inscriptions, it should be determined that the ding came from the reign of King

Fig. 3 *Wuhu-ding*, a critical material evidence for pinpointing a date after 841 B.C.

Xuan. There are records of day *bin-xu*(23), the moon phase *jishengpo*, the 13th month, and the 18th year of a king's reign. According to the *Shiji*, the 18th year of King Xuan corresponds to 810 B.C., and by astronomical calculation, the *bing-xu*(23) day is the 10th day of the 13th lunar month of that year. From this we know that *jishengpo* means the moon's brilliance has already made its appearance, and that the chronological table after 841 B.C. in the *Shiji* is credible.

2. *For the Western Zhou we have seven key points, such as* Wuhu ding (810 *B.C.*), *the chime-bell of Marquis Su* (845 *B.C.*) *and the "double dawn"* (899 *B.C.*), *based on which, by putting all the about* 60 *bronze vessels with all four elements of calendrical information, i.e. the year, month,* ganzhi *of the day, and moon phase, in a chronological table and making them coincide with their periodization in the light of their forms and designs, as well having as their calendar dates coincide with calculation results, the years of each king's reign can be determined, as in table 3.*

Table 3 Chronicle of the Western Zhou

King	Dates (BC)	Number of Years
King Wu	1046 — 1043	4
King Cheng	1042 — 1021	22
King Kang	1020 — 996	25
King Zhao	995 — 977	19
King Mu	976 — 922	55
King Gong	922 — 900	23
King Yi	899 — 892	8
King Xiao	891 — 886	6
King Yi	885 — 878	8
King Li	877 — 841	37
Gonghe①	841 — 828	14
King Xuan	827 — 782	46
King You	781 — 771	11

①It was a regency when a massive revolt had forced the King Li into self-exile.

3. *As mentioned above, the year of conquest of Shang by King Wu is very important, and the previous results are quite scattered. Our project took three steps to solve this problem.* First, the possible date range was narrowed down by ^{14}C dating. Figure 4 is a sedimentary profile found in Fengxi site near Xi'an in 1997. The upper part of this profile (phase 4) is recognized as belonging to the Western Zhou after the conquest, and the lower part, H18, to before the conquest. So by dating a series of samples of this profile, and referring to dating results of other sites of the late Shang and early Zhou, we can determine the date range of the conquest. The result shows that the date range of the conquest was 1050 – 1020 B.C., narrowing it from 112 years to 30 years.

The second step is to calculate the possible year based on more than 10 astronomical records of that time. This bronze vessel (Fig. 5) was made just seven days after the conquest of Shang. It confirms the *ganzhi* of that day. Two results, 1046 B.C. and 1044 B.C., were determined by calculations. The textual study also presented an option of 1027 B.C.

The third step is to make the final selection, which should be matched with the chronological table of the Western Zhou. The final optimal solution is 1046 B.C.

Fig. 4 A sedimentary profile at Fengxi Site

Fig. 5 The bronze vessel *li-gui* whose inscription indicates the ganzhi of the decisive battle when Shang regime was overthrown by the Zhou armies in 1046 B.C.

4. *For the late Shang, the reign of King Wuding is determined as 1250—1192 B.C. by the calculation of five lunar eclipses recorded on oracle bones. Figure 6 is two lunar eclipse records on oracle bone and shell.* The reign years of the last two kings were determined by a kind of cyclic sacrifice that is recorded on oracle bone and bronze inscriptions. Combining this information with literature and archaeological studies, the chronological table of the late Shang could be worked out (table 4).

Fig. 6 Two oracle bones with inscriptions of lunar eclipses

Table 4 Chronicle of the Late Shang

King	Date(BC)	Number of years
Pangeng Xiaoxin Xiaoyi	1300—1251	50
Wuding	1250—1192	59
Zugeng Zujia Linxin Kangding	1191—1146	40
Wuyi	1147—1113	35
Wending	1112—1102	11
Diyi	1101—1076	26
Dixin(Zhou)	1075—1046	30

5. *For the early Shang and Xia, only the chronological frame is established. Research on the early Shang chronology is mainly based on archaeological studies at several important sites and radiocarbon dating.* There are mainly two city sites of the early Shang, which were the earliest Shang capitals: one in Yanshi, Henan Province, and the other in Zhengzhou, Henan Province. Their founding ages as indicated by ^{14}C dating are between 1610 B.C. and 1560 B.C. Figure 7 is part of the Shang city site in Yanshi, with a stone channel constructed 3 600 years ago. Referring to literary records encompassing the whole Shang period, the beginning of the Shang should be about 1 600 B.C.

6. *Regarding the total years of the Xia period, there were only two opinions in literary*

sources, namely, 471 B.C. and 431 B.C. The project confirmed that 471 B.C. is more reasonable. If we accept that the Shang Dynasty started from 1 600 B.C., the beginning of the Xia should be about 2070 B.C. The ^{14}C dating results correspond with this.

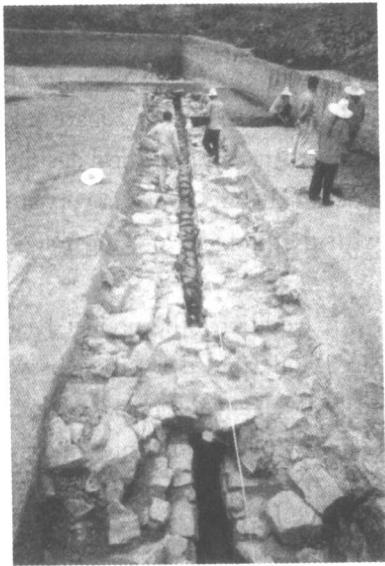



Fig.7 Part of the Shang Dynasty's city site in Yanshi county, Henan Province

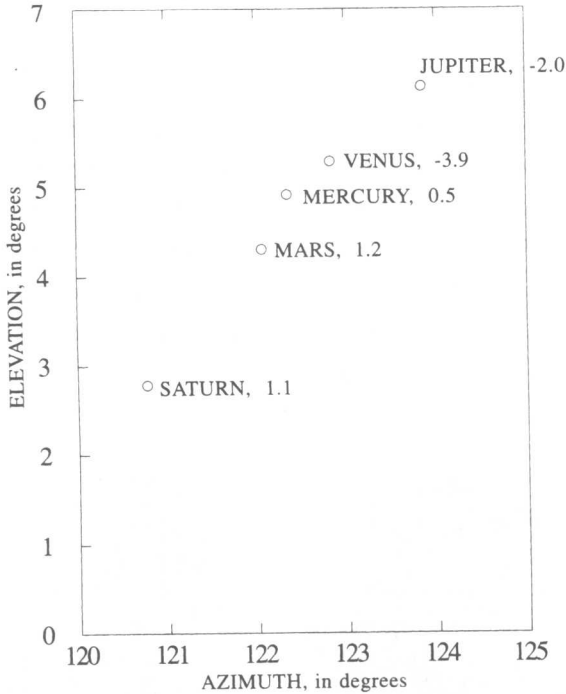



Fig.8 Conjunction of the five planets in 1953 B.C.

According to the records in ancient Chinese literature, a special astronomical phenomenon, "conjunction of the five planets", occurred during the Xia Dynasty. As in Figure 8, the calculation shows that Saturn, Jupiter, Mercury, Mars and Venus were aligned, within an angle interval of less than 4 degrees. They could be seen above the east horizon of Henan Province at dawn from the middle of February till early March in 1953 B.C., about four thousand years ago. It is the most exceptional occurrence in the past 5 000 years, and it was recorded in Chinese literature.

The chronological framework of the Xia, Shang and Western Zhou is listed in table 5.

7. Concluding Remarks

A chronological framework of the Xia, Shang and Western Zhou has been established. The technical line has been proved successful. It is the result of collaboration of scientists from many different disciplines, the full application of modern scientific and technological means, and the comprehensive utilization of chronological information gathered from different periods over a long-time span.

Table 5 Chronological Framework of the Xia, Shang and Western Zhou

Dynasties	Dates
Xia	c. 2070 B.C.—c. 1600 B.C.
Shang	c. 1600 B.C.—1046 B.C.
Western Zhou	1046 B.C.—771 B.C.

During this process, the project solved

some problems and confusion in Chinese history and made some new discoveries. One example of this is the denial of the explanation for "three flames swallow the sun" recorded on oracle bone (Fig. 9) as a total solar eclipse, which makes us to give up three earliest astronomical records in the world, i. e., the records of a total solar eclipse, prominence, and solar eclipse in company with Mercury.

We do not obscure the result and we consider it as an achievement. It also demonstrates that in our research work scientific spirit occupies a first position and there are no nationalistic feelings.

The second example is the discovery of the Shang city site on the north bank of the Huan River near Yinxu in Anyang, Henan Province. The area of this city is over four square kilometers, and it is the largest of the Shang city sites to yet be discovered. Its archaeological age lies between that of Yinxu and the Xiaoshuangqiao site in Zhengzhou. So this discovery is very important for the study of Shang history, and may be connected with the problem of King Pangeng's moving his capital to Yin.

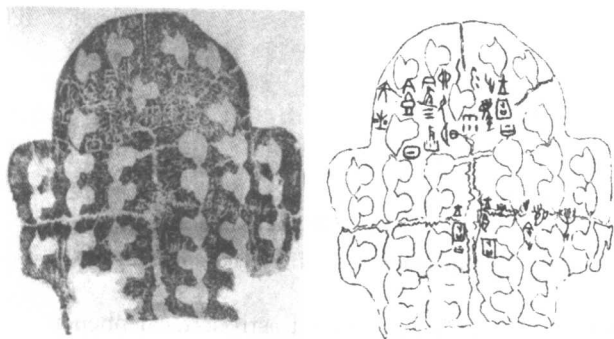



Fig. 9 The so-called "three flames swallow the sun" in an oracle bone inscription

In addition, the project has mobilized and trained a group of young and middle aged scholars who have become familiar with interdisciplinary research, and will be able to carry on research in the future, thereby providing a foundation for more profound research into the origin and development of ancient Chinese civilization.

On November 10, 2000, the first day after the issue of the new chronological table, the *New York Times* carried a full page article, entitled "In China, ancient history kindles modern doubts", reviewing the project. The article has given rise to heated international discussion of the project on the Internet, but the discussion concentrates on political (nationalism) and archaeological problems, with little attention paid to the chronological table itself.

Both the widely distributed reference books being published in 2001, Xinhua Dictionary and Cihai (Lexicon), have accepted the new table. In 2002 the annual meeting of the American Asia Society will hold a panel on the project in Washington D. C. We believe the new chronological table to be the best one available at the present time, and it will be improved in future.

Acknowledgements: The author is exceedingly grateful to Dr. Xu Fengxian for her valuable help in the preparation of this paper.

8. Appendix: Subject Design

To reach its concrete goals, the project has set up 9 tasks and 44 subjects, which have be-

come the project's foundation and made it feasible for such a huge research undertaking.

Task 1. Compilation and analysis of literary sources on dates, astronomical phenomena and dynastic capitals in the Xia, Shang and Zhou; study on the authenticity and reliability of those records.

Subject 1. Database for the dates and astronomical phenomena of the Xia, Shang and Zhou.

Subject 2. Research on chronicles of the Xia, Shang and Western Zhou in literary sources.

Subject 3. Research on the authenticity of important documents related to the dates and astronomical phenomena in the Xia, Shang and Western Zhou.

Subject 4. Collection and analysis of literary data on dynastic capitals of the Xia and the early Shang.

Task 2. Research on general and composite problems in astronomical chronology of the Xia, Shang and Zhou.

Subject 5. The establishment of a database of astronomical calculations for the Xia, Shang and Zhou, a computer center and a network.

Subject 6. Research on the dynastic changes of the three dynasties and the phenomenon of the conjunction of the five planets.

Subject 7. Research on the astronomical phenomenon of the *Dahuo* (Antares) and its dates.

Subject 8. Astronomical records in other countries during the period of the three dynasties.

Task 3. Research on the chronology of the Xia period.

Subject 9. Research on the early Xia culture.

Subject 10. The periodization of the Erlitou culture and division between the Xia and the Shang cultures.

Subject 11. A re-examination of the solar eclipse in the reign of Zhongkang in the *Shang Shu* (Book of Documents).

Subject 12. Astronomical phenomena and dates in the *Xia Xiaozheng* (Farmer's Calendar of the Xia).

Task 4. Research on the chronology of the early Shang.

Subject 13. The periodization and dating of the Shang city site in Zhengzhou.

Subject 14. The periodization and dating of the site at Xiaoshuangqiao.

Subject 15. The periodization and dating of the Shang city site in Yanshi.

Task 5. Research on the chronology of the late Shang.

Subject 16. The periodization and dating of the Yinxu culture.

Subject 17. The periodization and dating of the oracle bones from the site of Yinxu.

Subject 18. Research on the annual sacrifice system recorded on the oracle bones of Yinxu and bronze inscriptions of the Shang period.

Subject 19. Records of astronomical phenomena on the oracle bone inscriptions and the calendar of the Shang period.

Task 6. Research on the date of the conquest of Shang by King Wu of Zhou.

Subject 20. Research on astronomical phenomena during the conquest of Shang by King Wu of Zhou.

Subject 21. Research and dating of pre-Zhou cultures.

Subject 22. Classification and dating of the oracle bones from the site of Zhouyuan.

Subject 23. The periodization and dating of the sites of Feng-Hao.

Task 7. Research on the chronology of the Western Zhou kings.

Subject 24. The periodization and dating of the site of Liulihe, the capital of the Western Zhou state of Yan.

Subject 25. The periodization and dating of the site at Tianma-Qucun.

Subject 26. The periodization and dating of the cemetery of the Jin Marquises.

Subject 27. The periodization of bronze vessels of the Western Zhou.

Subject 28. Research on the chime-bells of Marquis Su of Jin.

Subject 29. A re-examination of the genealogical chronicle of the Western Zhou as known from bronze inscriptions.

Subject 30. Research on the record of "the double dawn at Zheng in the first year of King Yi."

Subject 31. Calendars of the Western Zhou and that of the Spring and Autumn Period, addendum of chronicles of the Eastern Zhou.

Task 8. Improvement and research of the technology of ^{14}C dating methods.

Subject 32. Improvement of the technology of the conventional method and research of testing technique.

Subject 33. Research on preparation of bone samples.

Subject 34. Improvement of the technology of the AMS method and research on testing technique.

Task 9. A synthesis and summary of the results of research on the chronology of the Xia, Shang, and Zhou.

Subject 35. A synthesis and summary of the research on the chronology of the Xia, Shang, and Zhou.

Subject 36. History and state of research of the chronology of the various ancient civilizations in the world.

In the process of implementing the project, the following eight subjects have been added due to the needs of the research and new archaeological discoveries.

Subject 37. Study of dating terminology (moon phases).

Subject 38. The periodization of the inscriptions recording solar and lunar eclipses from Bin group and Li group oracle bones.

Subject 39. The periodization and dating of the Eastern Longshan site at Shangzhou.

Subject 40. The periodization and dating of the Eastern Xianxian site at Xingtai.

Subject 41. Study synthesizing research on the event that the legendary emperor Yu conquered the three Miao tribes.

Subject 42. The periodization and study of the site at Xinzhai.

Subject 43. The periodization and study of the Western Zhou culture at Zhouyuan.

Subject 44. Remote sensing and physical exploration of the Shang city site at Huanbei.

〔原刊 *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2002, Vol.16 No.1〕

不用为用　众用所基

——论基础研究的重要性

人类的知识像个金字塔,塔的顶部由于新的应用在不断地增高,同时基础研究要不断地拓宽它的底部。基础研究越来越走到了金字塔最外面的角落,因此,有时候因为它远离日常生活而受到责难。只有在一段时间以后,当金字塔的应用部分长高了,公众对奇怪的新的现象熟悉了,它们才看上去比较"实际"。

——丁肇中

一　从《几何原本》到规范场

2000年7月上海科学技术出版社翻译出版了英国天文学家约翰·巴罗(John Barrow)的新书《不论——科学的极限与极限的科学》,书名"Impossibility"直译应为"不可能性",然译者李新洲等匠心独具,意译为"不论",引人遐思,颇有一番韵味。这本书确实是一本好书。由这本书使我想起约400年前徐光启对欧几里得《几何原本》的翻译。

1607年徐光启在《刻〈几何原本〉序》中说:

> 顾惟先生(指意大利人利玛窦)之学略有三种:大者修身事天,小者格物穷理,物理之一端别为象数,……而余乃亟传其小者。[1]

这是中西文化的第一次沟通。从中可以看出,徐光启把利玛窦从欧洲带来的学问分为两大类:一种为"修身事天"之学,即神学和社会科学;一种为认识自然和改造自然的"格物穷理"之学,即科学技术。在后一种中,又有一门比较特殊的"象数"之学,或称"度数之学","所以穷方圆平直之情,尽规矩准绳之用",即几何学。这门学问没有像天文、水利、农学、医学那样直接有用,但又是它们的基础。徐光启说:

> 不用为用,众用所基。
> 小用大用,实在其人,如邓林① 伐材,栋梁榱桷,姿所取之。[2]

这可以说是中国人第一次讨论基础科学和应用科学的关系,说得多么精彩啊!因为这句话是用"不"字开头,可以说是400年前的"不论"。与此相比,欧几里得本人当年的回答就太简单

① 古代传说中的树林,见《山海经·海外北经》。

了。当年有一位学生问学几何有什么用时，欧几里得说，给三文钱，让他走人。

徐光启认为，数学存在于一切有形有质的事物之中，是放之四海而皆准的真理，“五方万国，风习千变，至于算数，无弗同者”(《徐光启集》，第79页)。当人们掌握了这门学问以后，又可以应用到各门科学技术中，发挥重大作用。1629年他在《条议历法修正岁差疏》[3]中详细论述了“度数旁通十事”，指出数学可以应用的领域至少有：(1)天文学和气象学，(2)水利学，(3)音律和乐器制造，(4)兵器制造和防御工事建设，(5)会计和统计，(6)建筑学，机械制造，(8)测绘、制图，(9)医药，(10)计时、测时仪器制造。

徐光启只知道欧几里得几何，他那时还没有非欧几何。非欧几何是从欧几里得几何中的第五公设(即平行公设)发展起来的。欧几里得在《几何原本》第一卷一开头先提出了23条定义，然后列出5条公设，第五公设是：

> 如果一直线和两直线相交，所构成的两个同旁内角之和小于两直角。那么把这两直线延长，它们一定在那两内角的一侧相交。

与其他4条公设(两点间可连一线；直线可无限延长；以任何中心、任何半径可作一圆；凡直角都相等)相比，这条公设不论在辞句和内容方面都显得复杂，于是引起后来人们的注意，在2 000多年中间不知花费了多少人的心血，但想用其余公设来推导出它的企图都失败了。匈牙利的数学家福尔考什·布里奥伊(Frkas Bolyai，1775—1856)即其一例。当他得知自己的儿子亚诺什·布里奥伊(Joans Bolyai，1802—1860，他的故乡今属罗马尼亚，即克卢日)又要干这件事时，他坚决反对，写信劝阻道：

> 希望你不要再作克服平行线理论的尝试，你会花掉所有的时间而终生不能证明这个问题。……它会剥夺你一切余暇、健康、休息和所有的幸福。这个地狱般的黑暗将吞吃成千个像牛顿那样的巨人。……这是永远留在我心里的巨创。[4]

但是，亚诺什·希里奥伊不听劝告，抱着“我不入地狱谁入地狱”的态度，坚持工作下去，终于建立了非欧几何。1823年11月3日他写信给父亲说：“我已创造了一个新奇的世界。”

亚诺什·布里奥伊的论文，附在他写的一本初等数学书籍的后面，因为书名和附录的名字都很长，后来人们就把它简称为《附录》。

高斯(1777—1855)看到这份《附录》后，于1832年2月14日给亚诺什·布里奥伊写了一封信，一面称赞他“有极高的天才”，一面又说“这和自己40年来(1792年起)思考所得的结果不约而同”。亚诺什·布里奥伊看到这封信后，不但高兴不起来，反而怀疑高斯剽窃他的成果。等到1840年他看到罗巴切夫斯基著作的德文版时，更为愤怒，一气之下，便不再发表任何数学论文了。

罗巴切夫斯基(1793—1856)也不是一帆风顺。1826年2月23日当他要在喀山大学数理系宣读他的论文《平行线定理的一个严格证明》时，他的论文要付审查，结果是石沉大海，连原稿也掉了。好在他还有草稿，后经修改，以更完备的形式于1829—1830年发表在《喀山通报》(俄文)上，成为世界上公开发表的最早的非欧几何文件。但和其他新生事物一样，当时并没有得到人们的赞扬，反而遭到嘲弄和打击，被称为“笑话”、“对有学问的数学家的讽刺”等等。

直到高斯和罗巴切夫斯基都去世以后，人们在高斯的遗物中才发现，高斯从15岁起就注

意这一问题,在 1813 年左右就形成了比较完整的思想,但由于怕担风险,始终没有发表。高斯在给舒马赫(H. K. Schumacher,1780—1850)的信中对罗巴切夫斯基推崇备至,再加上以后别人的研究工作,罗巴切夫斯基成了公认的非欧几何创立者,有"几何学中的哥白尼"之称。

在平面上,过一直线外的一点可引一条而且只有一条和这直线不相交的直线,这就是欧几里得第五公设。罗巴切夫斯基把它抛弃了,改之为:在平面上,过直线外的一点可引无限条和这直线不相交的直线。在这基础上建立起来了一个无矛盾的几何学体系,罗巴切夫斯基称为虚几何,后来人们把它称为非欧双曲几何,也简称罗氏几何。1854 年德国数学家黎曼(1826~1866)又把这条公理改为:在平面上,过一直线外的一点所引的任何直线一定和这直线相交。在这基础上,又建立了一个无矛盾的几何学体系,这就是黎曼几何,也叫非欧椭圆几何。

黎曼在世时,曾对牛顿的引力理论发生过怀疑,但并没有把他的几何学应用于引力理论。他去世后 50 年,爱因斯坦于 1915 年建立了新的引力理论——广义相对论,黎曼几何及其运算方法成了他的有效数学工具,一时间黎曼几何也成了数学界和物理学界研究的热门,从而也促进了微分几何的发展。

1943—1945 年,陈省身结合微分几何与拓扑学方法,先后完成了两项划时代的重要工作,其一为黎曼流形的高斯—博内一般公式,另一为埃尔米特流形的示性类论。在这两篇论文中,他首创用纤维丛(Fibre brundle)概念于微分几何的研究,引进了后来通称的陈氏示性类或陈氏级。

1974 年,杨振宁惊奇地发现,纤维丛和规范场有密切联系,物理学家也有了解陈氏级的必要。他觉得纤维丛与规范场的关系相当于欧几里得几何之于牛顿力学,黎曼几何之于广义相对论,因而于 1983 年赋诗一首《赞陈氏级》:

天衣岂无缝,匠心剪接成。
浑然归一体,广邃妙绝伦。
造化爱几何,四力纤维丛。
千古寸心事,欧高黎嘉陈。[5]

其中的"四力"是指电磁力、强力、弱力和引力,是规范场研究的对象;最后一句"欧(欧几里得)高(高斯)黎(黎曼)嘉陈"的"嘉"是指法国大数学家嘉当(E. Cartan,1869—1951),他对 20 世纪数学的发展有重大影响;"陈"即陈省身,杨振宁认为陈省身的贡献已直追欧几里得和黎曼。

二　从《电学实验研究》到信息时代

规范场理论包括电弱统一理论、量子色动力学理论、大统一理论、引力场的规范理论,等等,非常复杂,而最简单的规范场就是麦克斯韦的电磁场。杨振宁说:"像麦克斯韦那样的规范场,不仅可以用纤维丛的语言来表示,而且必须这样来表示,才能表达它们的全部含义。"[6]

谈到麦克斯韦的电磁场,就不能不从近代电磁学的奠基者法拉第(1791—1867)说起。这位出身于铁匠家庭,当过 8 年装订工的科学家,在他于 1824 年当选为伦敦皇家学会会员并于次年担任了皇家研究所实验室主任以后,在工业革命浪潮中发了财的企业家们,有的拿来新的产品请他分析、鉴定,有的请他铸造合金钢,有的请他制造大型玻璃;如果接受这些任务,他既可以参加国民经济主战场,也可以为单位创收,自己的收入更可以成 10 倍地增加,然而他很少

接受这些任务，以致他在担任了实验室主任7年以后，薪金还是一先令也没有增加。1831年皇家研究所一个研究怎样节省开支的委员会决议说：

本委员会的意见无疑是：法拉第先生的薪水——年薪100磅，外加供应住房、煤和蜡烛——是不能削减的。由于法拉第先生完成了多种多样的任务，而且在完成任务的过程中展现出来的热情和才干，应该加薪。然而皇家研究所的经济情况不佳，本委员会的建议难以实现，只能表示遗憾。[7]

不爱金钱爱科学，不顾贫穷求探索，法拉第追求的目标是：磁能否生电？1820年丹麦物理学家奥斯特(H. C. Oersted, 1777—1851)发现了通电的导线能使附近的磁针发生偏转现象以后，法拉第就很快地帮助他的老师戴维(H. Davy, 1778—1829)制造成功了一块磁铁(即在铁棒上绕以导线并通过电流，使之成为磁铁)。这就是说电能生磁已获成功。

法拉第接着想，反过来，磁能不能生电？抱着这个问题，他口袋里经常装着用铜丝绕着的铁块，只要铜线中通以电流，铁块就变成磁铁。但是不管怎样摆弄和联结，磁产生电的实验怎么也做不出来。一年一年过去了，各种流言蜚语不断，许多人认为这种实验是白白浪费时间。

一直到第10年，即1831年10月17日，他的实验才告成功。这一次，法拉第在圆形的纸筒上绕了长度不等的8层螺线圈，在纸筒的每一头把8层螺线圈并联起来，然后又把两头用一根铜线接到一个电流计上。当把一根磁棒插入纸筒并很快向里推时，电流计中的指针向一个方向摆动了一下；当把磁棒从纸筒中迅速抽出时，指针又向相反的方向摆动；当磁棒不动时，电流计上的指针也不摆动。法拉第高兴得叫了起来："由磁生电成功了！"他由此得出结论：由磁生电的必要条件是磁棒的运动，与磁石的本身结构无关。他并且将这样产生的电流取名为"感应电流"。

接着，法拉第又让磁棒不动，把线圈套在磁棒上来回运动，实验效果与磁棒的运动完全一样，电流计中的指针也摆来摆去。由此法拉第进一步得出结论，要磁生电，只要线圈与磁棒之间有相对运动就行，不管哪一个运动都行。但是要产生出稳定的单向电流，就必须做一个无限长的螺线管，或者做一个无限长的磁棒，而这是不可能的。

10天以后(10月28日)，法拉第又想出了一个巧妙的办法：使一个圆形铜盘绕着铜轴旋转，这铜盘一部分夹在一块很大的马蹄形磁铁中间，铜盘边缘与一个黄铜弹片保持接触，黄铜弹片上连接一根导线，另一根导线与铜轴连接，两根导线则连在一个电流计上。这样，当铜盘绕轴旋转时，就相当于线圈与磁棒之间发生了相对运动，而这种运动是连续地向单一方向前进，产生的电流就是单向的稳定电流。这实际上就成了一个最简单最原始的直流发电机，但当时的人们都没有意识到这一点。

当年圣诞节前夕，法拉第兴高采烈地把这个铜盘实验做公开表演时，英国财政大臣格拉斯通突然发问："你发明这个玩意儿有什么用？"法拉第灵机一动，回答说："新生婴儿有什么用？也许将来你还要收他的税呢！"法拉第说这句话的时候，恐怕他自己也没有想到，这个"婴儿"后来成了改造世界和造福人类的科学巨人。20世纪著名科学史家丹皮尔(1867—1952)说得好：

法拉第的电磁实验，促成了发电机和其他电器的发明，这些发明又向科学提出新的问题并给予科学解决这些新问题的力量。

在以前时代的大发明中，我们看见实际生活的需要推动技术家取得进一步的成就，那

就是说，除了偶然发现所带来的发明之外，需要常在发明之先。但在这里我们看见了：为追求纯粹的知识而进行的科学研究，开始走在实际的应用与发明的前面，并且启发了实际的应用和发明。发明出现之后，又为科学研究与工业发展开辟新的领域。[8]

按照丹皮尔的说法，法拉第的实验就是意味着科学已经走在生产力的前面，科学可以转化为生产力的时代已经到来。

事实上，法拉第的《电学实验研究》也不知鼓舞了多少青年人去联想、去发现、去发明、去创造，其中最突出的两位就是麦克斯韦(1831—1879)和爱迪生(1847—1931)。

由于耳聋而被学校开除的爱迪生，21岁的时候在波士顿的一家旧书摊上买到了一部《电学实验研究》，如获至宝，经常阅读，成了他从事发明的源泉。后来他说这是他一生中收益最大的一笔投资。

爱迪生因为发明了电灯、电影、留声机等许多日常用的东西而闻名天下，而麦克斯韦则不为一般老百姓所知。事实上，麦克斯韦的工作更重要。1965年诺贝尔物理奖获得者之一，曾参加过美国第一颗原子弹研制的费因曼(R. P. Feynman，1918—1888)教授说：

从人类历史的一种长久观点来看——例如从自今以后1万年的观点来看，几乎毫无疑问的是，19世纪中最重要的事件将被判定为麦克斯韦发现电动力学定律，而在和同一个10年中的这一重要科学事件相比之下，美国解放黑奴的内战(即1861～1865年的南北战争)就将褪色而成为只有地区性的意义了！[9]

英国剑桥大学数学系的高才生麦克斯韦，在23岁的时候读了《电学实验研究》，悟出了法拉第在为解释他发现的电磁感应现象而提出的电场、磁场、电力线、磁力线等概念的宝贵价值，认为“这是以一种更适于一门正在形成的新科学的语言表述的”。他决心对这些概念进行数学加工，而赋予整个电磁理论以完整的形式。他一干就是25年。在25年中，他写了5篇重要论文和一部可与牛顿《自然哲学的数学原理》相媲美的《电磁学通论》，其中最重要的是1865年发表的第三篇论文，题为《电场的动力学理论》。这篇论文概括了各种电磁学的实验定律，提出了一套完整地描述电磁场的微分方程，这就是麦克斯韦方程组。由此，他推导出了电磁波的存在和它的横波向，也推导出了电磁波的传播速度等于光速，并进而推论出了光波也是一种电磁波。

麦克斯韦的预言在20多年以后得到了证实。1886年德国青年物理学家赫兹(H. Hertz，1857—1894)制成了一个电磁波接受器，探测到了电磁波的存在。1888年他又测出了电磁波的速度，结果是正好等于光速。

接着，马可尼和波波夫分别于1895年和1896年进行了无线电波的传播实验，标志着人类进入了以电子学为基础的信息时代。

而今，广播、电视、无线电通讯、雷达、导航、电脑、网络，以及能源、交通，人人每天都生活在电的世界中。

曾经担任过美国普林斯顿大学校长的弗莱克斯纳(A. Flexner)在回忆这段电学历史时说：

麦克斯韦和赫兹未能发明任何东西，但正是他们的无用理论被一位聪明的技术人员

抓住，而且这种理论为通讯、公共事业和娱乐创造了新的用品。

麦克斯韦和赫兹究竟做了什么？一件事可以肯定，即他们做了研究工作，而没有想到实用。在整个科学史中，已最终证明，有益于人类的大多数真正的伟大发现，并不是由实用愿望推动的，而是由满足好奇心的愿望推动的。……学术机构应该致力于培养好奇心，它们偏离立竿见影的应用越远，它们对人类福利和智力兴趣的贡献会越大。[10]

三　从《植物杂交试验》到遗传工程

在麦克斯韦发表《电场的动力学理论》的同年，在生物学领域也有一篇重要文章出现，那就是孟德尔的《植物杂交试验》。

曾在维也纳大学学习过数理化和生物学知识的修道士孟德尔（G. T. Mendel，1822—1884）甘于寂寞，利用豌豆进行杂交，对它们的7对性状（茎的高矮，花的位置，未成熟时的豆荚颜色[黄绿]，成熟时的豆荚形状[光滑、发皱]，花和种子的表皮颜色[紫/灰、白/白]，种子形状[圆，发皱]，叶子颜色[黄绿]）的逐代变化，不厌其烦地进行记录和统计分析，经过8年时间，得出了三条定律，即显性定律（显性支配隐性）、分离定律和独立分配定律。

这篇文章可以说是设计巧妙、方法新颖、实验无误、结论正确，确实是划时代的成就。但1865年他在布隆（原属奥地利，第二次世界大战以后归捷克，今名布尔诺）博物学年会上宣读时，根本得不到听众的理解，只得中途停止。第二年（1866）他在该会会刊 Verhandlugen 上发表了他的论文，并且将抽印本寄给了全世界的许多学者，但也是石沉大海，得不到回应。

据统计，在其后的35年里，引用这篇论文的作者不到5人，可谓引用率极低。

1900年是个转折点。这一年的春天，同时有三位植物学家分别独立地发表文章，宣布各以自己的试验结果证实了孟德尔的发现，这就是荷兰的德·弗里斯（H. de Vires）在阿姆斯特丹用月见草、罂粟和曼陀罗，德国的科伦斯（C. Correns）在耶纳用玉米，奥地利的西森内格—契马克（E. Seysenegg—Tschermak）在比利时的根特用豌豆。他们都说孟德尔的研究比他们早而且细致，都把荣誉归于孟德尔。现在科学史家们把这件事称为孟德尔定律的重新发现，把1900年定为生命科学的新纪元。随之，1906年出现了“遗传学”这个词汇，1909年出现了“基因”这个词汇。

孟德尔定律被重新发现以后，受到了植物育种学家们的普遍欢迎，可是在理论生物学界却遭到了冷遇。后来对遗传学做出了突出贡献的美国学者摩尔根（T. H. Morgan，1866—1945）起初就是一位反对者。他认为，孟德尔定律不能完全适应于动物，显隐性之间的区别在有些植物身上并不太明显，孟德尔所谓的“遗传因子”是什么，在哪里，也不清楚。但他到荷兰访问了德·弗里斯的实验园回到美国以后，很快开始动物遗传的研究。起初使用老鼠、鸽子、虱子等都不太成功。后来接受卡斯特尔（W. E. Castle）的建议，改以果蝇为实验材料，很快取得了突破性进展，不仅证实了孟德尔定律用在动物身上是正确的，而且还发现了控制果蝇性状的基因（即遗传因子）位于细胞的染色体上，并于1911年给出了第一张基因在染色体上的分布图，因而获得了1933年的诺贝尔生理学奖。

摩尔根不仅是一位杰出的科学研究者，还是一位出色的科学工作的组织者，他在纽约哥伦比亚大学建立的果蝇实验室，发展迅速，后来成了全世界的遗传学中心，吸引了各国学者到那里学习、研究，硕果累累，其中包括我国的李汝祺和谈家桢。

正当遗传学在世界范围内欣欣向荣的时候，苏联出了一个李森科。他以“马克思主义生物

学家”自命，对孟德尔和摩尔根进行了长达30年的批判，认为他们是“资产阶级”科学家、“帝国主义”的御用工具，搞的是“伪科学”。不但苏联境内的遗传学家无法正常工作，当时社会主义阵营各国在不同程度上也受其害，就连在捷克布尔诺的孟德尔铜像也被打翻在地，埋入地下，直到1966年才重见天日。

然而，具有讽刺意味的是，第一个用实验证明遗传载体DNA(脱氧核糖核酸)长链上遗传密码的研究报告却是于1961年8月在莫斯科召开的国际生物化学会议上宣读的。从这次大会，苏联科学家们清醒地认识到这一成果的重大意义，也痛心地意识到经过李森科的摧残，苏联生物学已远远落后于世界水平。

1962年5月苏联科学院主席团开会，决定设立一个专门委员会，检查苏联科学院生物学部所属各研究所的工作，其中包括李森科兼任所长的遗传研究所，并准备建立新的机构。

就在这个委员会于7月10日通过决议谴责遗传研究所工作的第三天(7月12日)的晚间，突然接到上级通知，说这个委员会已被撤销，所有材料封存。后来得知，原来是7月11日赫鲁晓夫视察了这个研究所，称赞该所工作做得很好。

李森科在得到尚方宝剑以后，乃于1963年1月28日在《真理报》和《消息报》上同时发表文章，题为《农作物遗传定性变异的理论基础》，再一次否认遗传物质的存在，否认DNA在遗传过程中的主导作用。接着，并准备进一步采取措施，把科学院改组为科学委员会，剥夺院士们的发言权。可是，还没有来得及下手，赫鲁晓夫于1964年10月被赶下台了。在苏共中央揭批赫鲁晓夫的各种错误中，支持李森科是其中重要的一条。这些内容在报纸上一公布，李森科立即垮台，在苏联进行的这场反科学的闹剧也就结束了。

现在再回头来看遗传学发展的主流。

基因，最初称为遗传因子，可以传递遗传信息，而性状(即生物的形态特征和生理特性)则不能，这是孟德尔的伟大发现。在孟德尔看来，遗传因子决定性状，遗传因子具有单位性、纯洁性(不融合)、等位性和重组性。但遗传因子在细胞中的什么位置，如何起作用，孟德尔都不清楚。后来摩尔根找到了基因存在的位置，基因就在染色体上。1944年美国细菌学家艾弗里(O. T. Avery，1877—1955)等在研究肺炎细菌转移时，从加热杀死的有毒的SⅢ型细胞浸出物中，分离出一种物质，并把它提纯，发现这种物质正是组成染色体的重要成分DNA(脱氧核糖核酸)，如果事先把SⅢ的DNA分解掉，毒性便不会转移给活菌。于是他把DNA称为转化因子，现象本身称为转化。

艾弗里等人用的概念虽然是“转化因子”，但实际上等于已经证明DNA是遗传信息的载体。可惜这一重要结论当时没有被学术界接受，反而引起一场争论。反对者认为，如果不是特殊的例外，也可能是提取的DNA不纯，其上可能还有残留的少量蛋白质，起转化作用的仍然是蛋白质。直到1952年美国噬菌体小组的主要成员赫尔希(A. Hershey)等人用噬菌体T2感染细胞做了一个判定性实验，这场争论才告结束。

噬菌体是一种必须寄宿于细菌中才能繁殖的病毒。赫尔希用放射性磷标记噬菌体头部DNA，用放射性硫标记其外部蛋白质。结果发现，当噬菌体进入大肠杆菌时，只有头部进入细菌细胞，而蛋白质外壳仍旧停留在细胞的外面。噬菌体DNA进入细胞后开始合成新的噬菌体DNA，并给它包上蛋白质外壳，释放出许多原来一模一样的噬菌体。这个实验充分证明了：DNA在噬菌体生活周期中的连续性，它是遗传信息的载体，它可以自我复制，它可以产生蛋白质，而蛋白质没有这些功能。

在艾弗里、赫尔希等人确定DNA为遗传载体的同时，另外一些科学家在用衍射技术对

DNA做晶体结构研究。这方面的工作也进展得很快。1953年4月25日英国《自然》杂志公布了美国的沃森(J.D. Wafson)和英国的克里克(F. H. C. Crick)在剑桥大学合作研究的结果:DNA双螺旋结构模型,宣告了分子生物学的诞生。

其后,1958年有关蛋白质合成的中心法则的提出(1978年有所修正),1969年对遗传密码的全部破译,以及1968年阿尔伯(W. Arber)对DNA限制性内切酶的发现,使DNA重组成为可能,而这就是遗传工程的开始。限制性内切酶不但能够识别出特定的DNA片断(基因),而且能像剪刀剪布一样把它剪开,使它与别的DNA片断衔接。这样就形成了一种杂交的DNA,即重组DNA。把这种重组DNA导入宿主(例如大肠杆菌)细胞等,就可以大量培植含有重组体DNA的宿主细胞。1977年美国博耶(H. W. Boyer)等人利用这种方法,成功地用大肠杆菌合成了人脑生长抑制素。利用这种方法,只要10升含有重组体DNA的大肠杆菌培养液,便可产生出5毫克人脑生长抑制素,而若用传统的方法,从羊脑中提取,则需5万只羊的脑。只此一例,即可看出遗传工程的经济效益了。

以后的大量工作证明,生物界从最高等的人类到自己不能繁殖必须寄宿在细菌细胞内的噬菌体,其合成蛋白质的遗传密码竟几乎完全一致,所不同的只是排列组合的顺序,因而对各类生物,特别是人类的基因组测序就被提到日程上来了。

1988年美国政府决定投资30亿美元,制定出15年计划,要对人体细胞中23对染色体上的全部基因进行定位测序,要对全部碱基对(约31亿个)进行顺序测定。这个计划后来变成国际性的,中国也参加了。由于测序技术的进步和参加人数的增加(达1 000多人),特别是由于1998年以美国塞莱拉公司为首的一些私营公司联合组成另一测序机构(也有200多名科学家参加),与国际人类基因组展开了激烈竞争,使得工作进度大大加快。两大测序机构于2000年6月26日联合公布了人类基因组草图,2001年2月12日又联合正式公布了人类基因组序列及其初步分析结果。但是,这不等于这项工作的结束,要想完全弄清基因组在人类生物学上的作用,还有一段漫长的路要走。

网络只是对人类的信息沟通带来了巨大的革命,而基因领域将是21世纪科学发展的最热点,它不仅对生命科学、农业和医药发生重大影响,就是对工业、国防,甚至社会科学也将有不可预计的影响。而在新华社于2001年2月12日播发的《基因及基因组研究大事记》中名列榜首的就是1860至1870年孟德尔遗传定律的发现。这真是“不用为用,众用所基”。历时35年无人问津的一篇文章,其发展结果竟会对人类社会的生活、生产诸多领域产生如此非凡的巨大影响,当初谁能想到。

四　从《天体运行论》到市场经济

1543年哥白尼《天体运行论》的出版,标志着自然科学开始从神学中解放出来,因而受到全世界封建保守势力的反对。在中国,清代的阮元(1764～1849)就是一个典型例子。将哥白尼学说第一次系统地介绍到中国来的是法国耶稣会士蒋友仁(M. Benoist,1715—1774),阮元在他主编的《畴人传》卷46“蒋友仁”传的后面有一段评语颇为耐人寻味:

第一,从世界观上,他坚决反对哥白尼学说,认为“其说上下易位,动静倒置,则离经叛道,不可为训,固未有若是甚焉者也”。

第二,从方法论上,他反对西方的模型方法,谓“自欧罗向化远来,译其步天之术,于是有本轮、均轮、次轮之算,此盖假设形象以明均数之加减而已,而无识之徒,以其能言盈缩、迟疾、顺

留伏逆之所以然,遂误认苍苍者天,具有如斯之轮者,斯真大惑矣！乃未几,而向所谓诸轮者,又易为椭圆面积之术(即开普勒第一、第二定律),且以为地球动而太阳静,是西人亦不能坚守其前说也。……夫如斯而曰西人之言天,能明其所以然,则何如曰盈缩,曰迟疾,曰顺留伏逆,但言其当然,而不言其所以然者之终古无弊哉!”

阮元这第二段话,恰恰暴露了中国传统科学的弱点。哥白尼和托勒密在世界观上虽是对立的,但所用的方法则是一致的,都是用的几何模型方法,也就是假说。“假说”这种办法是从希腊人那里开始的,中国人不习惯,而这种办法恰是走向近代科学的重要的一步。恩格斯说:

> 只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假说。一个新的事实被观察到了,它使得过去用来说明和它同类的事实的方式不中用了。从这一瞬间起,就需要新的说明方式了——它最初仅仅以有限数量的事实和观察为基础。进一步的观察材料会使这些假说纯化,取消一些,修正一些,直到最后纯粹地构成定律。如果要等待构成定律的材料纯粹化起来,那么这就是在此以前要把运用思维的研究停下来,而定律就永远不会出现。[11]

从托勒密的本轮均轮说到哥白尼的日心地动说,再到开普勒关于行星运动三定律的发现,正好反映了恩格斯在这里所说的通过假说的办法,由相对真理到绝对真理的一个过程。阮元反对这种方法,想以不变应万变,那就等于堵塞了科学前进的道路。

不但阮元不理解哥白尼学说的伟大意义,就是现在,也还有科学家错误地认为,哥白尼学说和托勒密学说的不同是在于坐标原点选取的不同。这种看法太片面了。关于哥白尼学说的真正意义,美国物理学史家霍尔顿(G. Holton)说得最深刻:

> 哥白尼工作的真正意义在于这样一个事实,即太阳中心说为理解行星运动开辟了一条新途径。这种新途径是动力学的,而不是运动学的,它包括了联系力和运动的定律,以及这些定律在天体运动方面的应用。……根据这个模型,以后的开普勒等人就可以用全新的方式来考虑行星的轨道了。在科学中,可能性的展开往往不能为开始改革的本人或者他的批评者所预见。[12]

开普勒(1571—1630)在贫困中努力挣扎完成的行星运动三定律,为牛顿力学奠定了基础。近300年来,数理科学和工程技术的发展都是和牛顿力学分不开的,这是尽人皆知的事。但是,很少有人知道在牛顿力学和市场经济之间也有亲缘关系,而其中一个关键人物就是牛顿的好朋友约翰·洛克(John Locke,1632—1704)。

洛克深受从哥白尼到牛顿的科学成就和科学精神的感召,想以规律意识和理性精神来观察社会。他首先提出,自然界的万物都受引力支配,那样有规律,而人类社会却如此混乱,似乎无规律可循。接着,他又认为,人类社会可能也有规律,但还没有发现,原因是人们把社会建立在非理性的传统和习俗之上。如果哥白尼不把地球从中心位置上推下来,也就发现不了行星运动三定律和万有引力定律。人类把上帝当做至高无上的中心,而上帝就其定义而言是不可知的,怎么能把治理社会的原则建立在一个不可知的基础上呢?于是,他以哥白尼为师,把颠倒了的中心再颠倒过来,也就是阮元说的“上下易位”,提出人类社会的中心是人,不是上帝!政教应该分离,任何政府的惟一职责应该是保护人民用自己的劳动和智慧去创造财富。

马克思高度评价了洛克的这一学说,他说:“洛克的哲学成了以后英国政治经济学的一切

观念的基础。”马克思所说的英国政治经济学就是亚当·斯密(Adan Smith,1723—1790)的古典经济学,它是马克思主义的三个来源之一。亚当·斯密在他的《国民财富的性质和原因的研究》中说:

> 每个人都“受着一只看不见的手的指导,去尽力达到一个并非他本意想要达到的目的。也并不因为事非出于本意,就对社会有害。他追求自己的利益,往往使他能比在真正出于本意的情况下更有效地促进社会的利益。我从来没有听说过,那些假装为公众幸福而经营贸易的人做了多少好事”。(郭大力、王亚南中译本,下卷,27 页)

著名经济学家萨缪尔森说:“亚当·斯密最大的贡献就是发现了‘一只看不见的手’,即在经济世界中抓住了牛顿在物质世界中所观察到的规律,即自行调节的市场经济。”不搞计划控制,放手让企业家们在市场中各自大显身手,受着这只“看不见的手”的支配,就会把经济繁荣起来。

1995 年 8 月 18 日我在庐山科技市场信息干部讨论班上讲到这段话时,全场活跃,有人说:真没有想到,天文学竟是市场经济理论的先导,哥白尼真是应该名垂千古。

五 结束语

“没有一个人能像马克思那样,对任何领域的每个科学成就,不管它是否已实际应用,都感到真正的喜悦。但是,他把科学首先看成是历史的有力的杠杆,看成是最高意义上的革命力量。”(《马克思恩格斯全集》,第 19 卷,第 372 页)恩格斯为马克思写的悼词中这段话,充分体现了革命导师们的科学观。他们对科学研究的评价不是以“有用”“无用”来划分,而是从长远来看,科学总是一种起推动社会进程的革命力量。哥白尼的日心地动说当时被认为是离经叛道,法拉第的电磁感应实验当时被认为是一种无用的玩具,孟德尔的豌豆杂交实验被埋没了 35 年。但是,今天有目共睹,它们对人类社会的推动作用,都是无法估量的。

当然,也不能由此得出一个片面性的结论,认为任何一项基础研究成果都将最终转化为某种意料之外的实用,或最终实用是其出发点正确的证明。我很同意丁肇中的比喻:

> 人类的知识像个金字塔,塔的顶部由于新的应用在不断地增高,同时基础研究要不断地拓宽它的底部。基础研究越来越走到了金字塔最外面的脚落,因此,有时候因为它远离日常生活而受到责难。只有在一段时间以后,当金字塔的应用部分长高了,公众对奇怪的新的现象熟悉了,它们才看上去比较“实际”。[13]

最后,我的结论是:“海不辞水,故能成其大;山不辞土石,故能成其高”(《管子·形势解》),看似无用的基础研究应该得到支持。基础研究应该有一个宽松的环境和长期的展望,急于求成的管理方式是不适宜的。

参 考 文 献

[1]~[3] 王重民辑.徐光启集.上海:上海古籍出版社,1964.75,75,332—338

[4] 转引自梁宗巨.世界数学史简编.沈阳:辽宁人民出版社,1980.233—234

[5] 杨振宁.读书教学四十年.香港:三联书店,1985.99

[6] 宁治平等编.杨振宁演讲集.天津:南开大学出版社,1989.364
[7] 秦关根.法拉第.北京:中国青年出版社,1982.160
[8] 丹皮尔(W.C.Dampier).科学史及其与哲学和宗教的关系.李珩译.北京:商务印书馆,1975.283—284
[9] 戈革等.麦克斯韦.钱临照、许良英主编.世界著名科学家传记·物理学家Ⅱ.北京:科学出版社,1992.
[10] 亚伯拉罕·弗莱克斯纳.无用知识的有用性.陈养正等译.科学对社会的影响.1999(1):50—54
[11] 恩格斯.自然辩证法.北京:人民出版社,1971.
[12] 霍尔顿,等.天空中的运动.华中师范学院物理系翻译组译.北京:文化教育出版社,1980.
[13] 丁肇中.为什么要支持基础科学研究.科学时报,2000—10—22.

〔原刊《中国学者心中的科学与人文(科学卷)》,昆明,云南教育出版社,2002〕

席泽宗著译目录

（有＊号者已收入本文集）

1948年

1. 预告今年日月食　1948年1月1日《越华报》(广州)。
2. 周末谈天　1948年4月21日《华侨日报》(香港)。
*3. 日食观测简史　1948年5月9日《建国日报》(广州)。
*4. "五·九"日食观测记　1948年6月9日《华侨日报》(香港)。
5. 女性中心说　(署名希泽)1948年8月10日《前锋日报》(广州)。
*6. 新近开始观天的世界最大望远镜　1948年9月29日《华侨日报》(香港)。
7. 漫谈宇宙线　1948年11月13日《华侨日报》(香港)。
8. 彗星阐释　1948年11月28日《建国日报》(广州)。

1949年

*1. 年与历　1949年1月1日《工商日报》(香港)。
2. 星光探源　1949年4月6日《华侨日报》(香港)。
3. 星的种种　1949年4月9日《工商日报》(香港)。
4. 北极星　1949年4月27日《华侨日报》(香港)。
*5. 关于夏令时　1949年5月1日《建国日报》(广州)。
6. 再论夏令时　1949年5月8日《建国日报》(广州)。
7. 兰州风光　(署名希泽)1949年7月6日香港《工商日报》(香港)。同年8月24日《建国日报》(广州)转载。
8. 万能的光谱仪　1949年7月19日《工商日报》(香港)。
*9. 牛郎织女的新认识　1949年7月30日《文汇报》(香港),同年8月3日《建国日报》(广州)转载。
10. 谈谈小行星　1949年9月28日《华侨日报》(香港)。
*11. 到月球去——科学的梦话　1949年10月3—4日《大光报》(广州)。
12. 原子舞台上的角色　1949年10月10日《工商日报》(香港)。
13. 学习——我们当前的急务　1949年11月30日《中大学生》(广州)。

1950年

1. 准备迎接文化建设　1950年1月1日《南方日报》(广州)。
2. 研究宇宙的工具　1950年2月22日《华侨日报》(香港)。

3. 天地之大　1950 年 6 月 1 日《大公报》(香港)。
4. 天上鸳鸯——双星　1950 年 6 月 27 日《华侨日报》(香港)。
5. 夏夜星空　1950 年 8 月 31 日《大公报》(香港)。
6. 中秋赏月　1950 年 9 月 27 日《联合报》(广州)。

1951 年

1.《恒星》　北京:商务印书馆,1951 年;北京:科学普及出版社,1958 年增订再版。
2. 月到中秋分外明　1951 年 9 月 15 日《工人日报》(北京)。
3. 天地之大　1951 年 9 月 19 日《新民报日刊》(北京)。
4. 捷克的整形外科　《科学通报》1951 年 12 月号。
5. 两种科学　《科学通报》1951 年 12 月号。

1952 年

1. 地球是怎样来的?　1952 年 3 月 17 日《中国少年报》(北京)。

1954 年

*1. 从中国历史文献的纪录来讨论超新星的爆发与射电源的关系　《天文学报》第 2 卷第 2 期,177—184 页,1954 年。
2. 苏联天体物理学的过去与现在　(杜勃朗拉文原著)《天文学报》第 2 卷第 2 期,207—221 页,1954 年。
3. 夜光云性质的新解释　《物理通报》1954 年 6 月号,339—340 页。
4. 别洛波尔斯基　1954 年 7 月 20 日《中国青年报》。
5. 谈谈新星　1954 年 12 月 20 日《光明日报》。

1955 年

1. 我国历史上的新星纪录与射电源的关系　《科学通报》1955 年 1 月号,93—94 页;《新华月报》1955 年 3 月号转载。
*2. 古新星新表　《天文学报》第 3 卷第 2 期,183—196 页,1955 年。苏联《天文学杂志》(*Астрономический Журнал*)第 34 卷第 2 期译载,159—175 页;美国"*Smithso-nian Contributions to Astrophysics*"第 2 卷第 6 期译载,109—130 页,1958 年;美国"*Soviet Astronomy*"第 1 卷第 2 期又从俄文译,161—176 页,1958 年;收入朱光亚、周光召主编《中国科学技术文库·院士卷Ⅰ》,272—282 页,北京:科学技术出版社,1998 年。
3. 谈谈太阳　1955 年 6 月 20 日《光明日报》。此文被天津人民出版社收入《谈天说地》一书。
4. 爆发星的物理性质(提纲)　(在北京天文学会的报告)《北京科联会讯》第 5 期,22—23 页,1955 年。
5. B.A.克拉特的发言　(与李竟合译)《苏联天体演化学第一次讨论会文集选译》,55—78 页,北京:科学出版社,1955 年。

1956 年

1.《理论天体物理学》　(苏联阿米巴楚米扬院士等合著,与戴文赛合译)北京:科学出版

社，1956年；1957年再版。

*2. 僧一行观测恒星位置的工作　《天文学报》第4卷第2期，212—218页，1956年。

3. 中国的天文钟　（李约瑟等原著）《科学通报》1956年6月号，100—101页。此文发表后，1956年7月21日《北京日报》进行了报道。后又收入潘吉星主编《李约瑟文集》，497—500页，沈阳：辽宁科技出版社，1986年

4. 天文学思想的发展　《自然辩证法研究通讯》1956年创刊号，51—52页。此文又被收入《自然科学哲学资料选辑》。

5. 近代关于宇宙的概念　（亚里斯托夫原著）1956年3月12日《光明日报》。

6. 月亮的秘密　1956年5月23日《科学小报》。

7. 飞到月球上去　1956年9月19日《科学小报》。

8. 飞到月球上去　《学科学》1956年10月号，293—295页。

9. 钟表的发明人是谁？　1956年8月28日《中国新闻》。

10. 元代伟大的天文学家——郭守敬　1956年7月27日《中国新闻》。

11. 揭开火星的秘密　（巴拉巴舍夫原著）　1956年9月10日《光明日报》。

12. 年月日　《学科学》1956年12月号，391—393页。

1957年

1. 太阳系的大家庭　1957年1月26日《科学小报》；《科学普及资料汇编》1957年第2期转载；后被收入《科学知识》一书，昆明：云南人民出版社；《中国科普名家名作》上册，661—663页，济南：山东教育出版社，2002。

*2. 人造卫星一两年内即将出现　1957年2月16日《科学小报》。

3. 唐代伟大的天文学家—— 一行　1957年6月6日《中国新闻》；俄译见1957年6月21日《*Дружба*》。

4. 太阳上的黑斑　《科学大众》1957年7月号。

5. 苏联人造地球卫星　（《真理报》编辑部文章，为新华社译稿）1957年10月10日《人民日报》和全国各大报。

6. 11月7日晚上看月食　《学科学》1957年10月号。

7. 人造地球卫星　（B. 瓦何宁原著）《物理通报》1957年11月号，643—646页。

8. 苏联在天体演化学上的伟大贡献　收入北京天文馆主编《苏联天文学的辉煌成就》，133—139页，北京：科学普及出版社，1957年。

1958年

1. 苏联在天体物理学上的伟大贡献　《科学》（上海）第34卷第1期，32—34页，1958年。

2. 恒星的起源问题　（阿姆巴楚米扬原著）《科学通报》1958年第2期，46—51页。此文发表后，新华社发消息（见1958年1月31日《人民日报》），《自然辩证法研究通讯》1958年第1期和《天文爱好者》1958年创刊号均作了详细摘要。

*3. 纪念齐奥尔科夫斯基诞辰100周年　《科学史集刊》第1期（创刊号，1958年），3—7页。

4. 天狼星的故事　《学科学》1958年第2期，17—18页。

5. 我国伟大的天文学家——张衡　《天文爱好者》1958年第2期，1—2页。

6. 苏州石刻天文图 《文物》1958年7月号,27页。

1959年

1.《宇宙间的生命》 (奥巴林院士和费森科夫院士合著,与应幼梅等合译)北京:科学出版社,1959年。
2. 人类怎样认识了宇宙 1959年2月14日《人民日报》。
3. 记全苏科学技术史大会 (与李俨合作)《科学史集刊》第3期(1960年),1—2页。
4. 先进的苏联科学技术史工作 《科学通报》1959年第14期,465—466页。
5. 中国天文学史的几个问题 《科学史集刊》第3期(1960年),53—58页;又见1959年12月1日《人民日报》。
*6. 中国天文学史的研究 (与叶企孙合作)收入中国科学院编译出版委员会主编《十年来的中国科学——天文学,1949—1959》,58—62页,北京:科学出版社,1959年。
7. 天上星联星 《创造与发明》第53期(1959年7月31日)。
8. 张衡 收入《中国古代科学家》,19—26页,北京:科学出版社,1959年第1版;23—30页,1963年第2版。
9. 到月球上去过中秋 1959年9月17日《人民日报》。
10. 伟大的理想——看苏联科学幻想片《天空在召唤》 1959年11月26日《人民日报》。
11. 新星和超新星 《创造与发明》第74期(1959年12月25日)。

1960年

1. 中国天文学的历史发展 《科学》(上海)第36卷第1期,1—4页,1960年。此文为1959年在全苏科学技术史大会上的报告。
2. 火星种种 《新观察》1960年第1期,26—27页。
3. 从望远镜到宇宙飞船 《创造与发明》第96期(1960年5月27日)。
4. 天上的星钟 《学科学》1960年第11—12期合刊。
5. 今年为什么闰六月 《学科学》1960年第12期(6月20日)。
6. 盖天说和浑天说 《天文学报》第8卷第1期,80—88页,1960年。
7. 探索星星的起源——关于天体演化学的一些认识 (署名周田芳)《科学大众》1960年10月号,399—401页。

1961年

*1. 月面学 《科学通报》1961年2月号,14—22页。1961年3月9日《文汇报》(上海)以"席泽宗谈月面学的历史、范围和存在问题"为题对此文作了报道。
*2. 关于金星的几个问题 《科学通报》1961年4月号,38—43页。
3. 金星之谜 《科学大众》1961年4月号,139—141页。
4. Астрономия В КНР за Десять Лет(十年来的中国天文学) 《Из истории Науки и техники в странах Востока》(《东方国家科技史论集》)第2卷,75—79页。
5. 印第安人也有四灵之说 1961年10月6日《北京晚报》。
*6. 万有引力定律是怎样发现的? 1961年10月8日上海《文汇报》。

1962年

1. 王锡阐的严谨治学　1962年1月31日《科学报》。
2. 爱国科学家徐光启　1962上4月19日《工人日报》。
3. 火箭的家世　1962年5月5日《光明日报》。
*4. 天文学和现代科学　《科学大众》1962年5月号,154—155页。
*5.《淮南子·天文训》述略　《科学通报》1962年6月号,35—39页。
6. 年月日　《前线》1962年第16期,23—24页。

1963年

*1. 试论王锡阐的天文工作　《科学史集刊》第6期(1963年),53—65页;后收入(陈美东、沈荣法主编《王锡阐研究文集》,1—20页,石家庄:河北科学技术出版社,2000年。
*2. 朱熹的天体演化思想　1963年8月9日《光明日报》。

1964年

*1. 纪念伽利略诞辰400周年　《科学史集刊》第7期(1964年),1—7页;本文主要内容又发表于1964年4月12日《文汇报》(上海),题为《伟大的科学家伽利略》)。
2. 新星和超新星　《科学大众》1964年4月号,142—145页。
3. 在斜面上滚动的小球　《科学大众》1964年6月号。
4. 宇宙论的现状　《自然辩证法研究通讯》1964年第2期,42—45页。

1965年

*1. 中、朝、日三国古代的新星纪录及其在射电天文学中的意义　(与薄树人合作)《天文学报》第13卷第1期,1—22页,1965年;《科学通报》1965年5月号,387—401页;美国《Science》第154卷第3749期,597—603页,1966年;美国NASA TTF—388,1966年单行本。
*2. 朝鲜朴燕岩《热河日记》中的天文学思想　《科学史集刊》第8期(1965年),73—76页。
3. 天体演化学的若干方法论问题　(阿姆巴楚米扬原著,与李竞合译)《外国自然科学哲学资料选辑》第二辑,257—277页,上海人民出版社,1965年。
*4. 宇宙剪影　《人民日报》专栏,自1965年10月16日至1966年4月2日共发表7篇文章,署名周芬。
5. 关于天体史的对话　1965年10月4日《文汇报》(上海)。

1966年

*1. 敦煌星图　《文物》1966年3月号,27—38页,52页;后被收入中国社会科学院考古研究所主编《中国古代天文文物论集》,181—194页。

1973年

*1. 日心地动说在中国　(与严敦杰等五人合作)《中国科学》第16卷第3期,中文版270—279页,英文版364—376页,1973年;1973年7月21日《人民日报》和《新华月报》1973

年7月号转载。

1974年

*1. 我国古代的天文成就 《科学实验》1974年10月号,15—17页。

*2. 中国天文学史上的一个重要发现——马王堆汉墓帛书中的《五星占》 《文物》1974年11月号,28—39页。此文经修改后又被收入《中国天文学史文集》,14—33页,北京:科学出版社,1978年;《马王堆汉墓研究》,181—193页,长沙:湖南人民出版社,1979年;《中国古代天文文物论集》,46—58页,北京:文物出版社,1989年。

1975年

1.《中国历史上的宇宙理论》 北京:人民出版社,1975年;意大利文译本,罗马:Ubalni Editore,1978年(与郑文光合作)。

2. 宣夜说的形成和发展——中国古代的宇宙无限论 《自然辩证法杂志》(上海)1975年第4期,70—85页。

1976年

1. 中国古代的宇宙论 (署名郑廷祖)《中国科学》中文版第19卷第1期,111—119页,英文版第19卷第2期,291—309页,1976年。

1977年

1. 科技史上的中外交流 (与邢润川合作)1977年8月17日《光明日报》。

1978年

*1. 一份关于彗星形态的珍贵资料——马王堆汉墓帛书中的彗星图 《文物》1978年第2期,5—9页;《科技史文集》第一辑"天文学史专辑",39—43页;《马王堆汉墓研究》,198—203页,长沙:湖南人民出版社,1981年;英国 *Chinese Astronomy and Astrophysics*,第8卷第1期,1—7页,1984年;《中国古代天文文物论集》,29—34页,北京:文物出版社,1989年;刘君灿编《中国天文学史新探》,268—278页,台北:明文书局,1988年。

*2. 奇技伟艺 令人景仰——纪念张衡诞辰1900周年 1978年9月26日《人民日报》。刘永平主编《张衡研究》,61—67页,北京:西苑出版社,1999年。

3. 科学有险阻,苦战能过关 (与郑文光、邢润川合作)1978年2月8日《光明日报》。

4. 汉代伟大的科学家张衡 《科学技术发明家小传》,18—24页,北京人民出版社,1978年。刘永平主编《张衡研究》,123—127页,北京:西苑出版社,1999年。

*5. 浑仪和简仪——中国古代测天仪器的成就 自然科学史所主编《中国古代科技成就》,30—37页,北京:中国青年出版社,1978年。

6. 月面上的几个"中国天文学家" 《天文爱好者》1978年复刊第1期,第14—15页。

*7. 从历法改革与日食观测看理论对实践的依赖关系 《中国自然辩证法研究会通讯》第11期(1978年8月25日)。

1979 年

*1. 国际上天文学史的研究　(与郑文光合作)《自然杂志》(上海)第 2 卷第 4 期,217—219 页,1979 年。(此文为 1978 年在中国天文学会第三次代表大会上的报告)

2. 三十年来的中国天文学史研究　《天文爱好者》1979 年第 7 期,3—5 页。

3.《中国天文学简史》　撰写第四、五章,117—188 页,天津科学技术出版社,1979 年。

1980 年

*1.《中国大百科全书·天文学》　撰写词条 19 个,其中"天文学史"(417—418 页)为样板条目,"中国天文学史"(与薄树人、陈久金合作,562—570 页)为特长重点条目。北京:中国大百科全书出版社,1980 年。

*2. 睿智而勤奋　博大而精深——祝世界著名科学家、中国人民的老朋友李约瑟博士 80 大寿　1980 年 12 月 8 日《人民日报》;Michael Salt 英译"Outstanding in Intellect and Diligence, Unrivalled in Width and Depth of Understanding",稿存东亚科学史图书馆。

3. 落下闳　《天文爱好者》1989 年第 9 期,第 12 页。

*4. 中国天文学史研究三十年　《自然辩证法学术研究》第 8 辑(中国天文学史论文集),1—13页,1980 年。英译见美国 Isis 第 72 卷第 263 期,456—470 页,1981 年;日译见日本《群马县和算研究会会报》第 16 期,13—18 页,1981 年。

1981 年

*1. 伽利略前 2000 年甘德对木卫的发现　《天体物理学报》第 1 卷第 2 期,85—88 页,1981 年;英译见英国 *Chinese Astronomy and Astrophysics*,第 5 卷第 2 期,242—243 页,1981 年;罗马尼亚 *Proceedings of the 16th International Congress of History of Science*, 203—209 页,1981 年;美国 *Chinese Physics*,第 2 卷第 3 期,664—667 页,1982 年。

*2. 郭守敬的天文学成就及其意义　《纪念元代卓越科学家郭守敬诞生 750 周年论文集》,2—4 页,北京:中国科学技术史学会,1981 年。

3. 日本京都的中国科学史研究　(薮内清原著)《科学史译丛》1981 年第 1 期,1—3 页。

1982 年

1. 古代东方の天文纪录と现代天文学の应用　《东方学》第 63 辑,118—124 页,1982 年;英文摘要见 *Transactions of the International Conference of Orientalists in Japan* No. 26,150—151 页,有照片,1981 年。

*2. 中国科学思想史的线索　《中国科技史料》1982 年 2 期,6—14 页。

*3. 古代中国和现代西方宇宙学的比较研究　《大自然探索》第 1 卷第 1 期,167—171 页,1982 年;又见《天文学哲学论集》,161—173 页,北京:人民出版社,1986 年。

*4. 台湾省的我国科技史研究　《中国科技史料》1982 年第 1 期,98—101 页。

*5. 初访日本科学史界　《自然辩证法通讯》1982 年第 1 期,77—80 页。

6. 日本的天文普及机构　《天文爱好者》1982 年第 5 期,8—11 页。

7. 记第十六届国际科学史大会　《科学史译丛》1982 年第 1 期,108—110 页。

8. 第十六届国际科学史大会简况　(与华觉明合作)《中国科技史料》1982年第1期,88—89页。
9. 中国科学史第一次国际会议在比利时鲁文大学举行　《自然辩证法通讯》1982年第6期,76页。
10. 比利时鲁文大学举行关于南怀仁报告会　《清史研究通讯》1982年第2期。
*11. 気の思想の中国古代天文学への影响　《东洋の科学と技术》(薮内清先生颂寿纪念论文集),154—169页,京都:同朋舍,1982年;又见《中国天文学史文集》第三集,163—175页,北京:科学出版社,1984年。
*12. 竺可桢与自然科学史研究　《纪念科学家竺可桢论文集》,41—57页,北京:科学普及出版社,1982年;此文修改后成为《竺可桢传》下篇第七章,北京:科学出版社,1990年。

1983年

*1. The Application of Historical Records to Astrophysical Problems　*High Energy Astrophysics and Cosmology*(Proceedings of Academia Sinica — Max-Planck Society Workshop on High Energy Astrophysics),p.158—169;Beijing:Science Press,1983;增订稿见 *Science and Technology in Chinese Civilization*, p. 129—142, Singapore: World Scientific Publishing Co,1987.
*2. 1982年的中国科学技术史研究　《中国历史学年鉴》(1983年),185—193页,北京:人民出版社;N. Sivin 英译(有增订)见美国 Chinese Science, No. 6(1983),33—55,1983.
3. The Belgian astronomer who was saved by an earthequake　China Daily, Supplement (Sino-Belgian friendship down the years),June 15,1983.
*4. 现存观测时间最久的北京古观象台　《百科知识》1983年第5期,66—68页。
*5. 从北京原中央观象台的历史谈增加科研经费的重要性　《自然辩证法通讯》第5卷第4期,1—2页,1983年。
6. 明末爱国学者徐光启　1983年10月26日《光明日报》。
7. 爱国科学家徐光启的伟大的贡献　1983年11月11日《上海科技报》。
8. 中国古代天文学成就　《人民画报》1983年第11期。

1984年

1. 第二届国际中国科学史会议在香港大学举行　《自然辩证法通讯》1984年第3期,78—79页。
*2. 古为今用　推陈出新——建国以来天文学史研究的回顾　《天问》(中国天文学史研究),1—24页,南京:江苏科技出版社,1984年。
*3. New Archaeoastronomical Discoveries in China　美国 Archaeoastronomy,第7卷第1—4期合刊,34—45页,1984年。
4. The Characteristics of Ancient China's Astronomy　《大自然探索》第3卷,175—178页,1984年。

1985年

1. 最早发现哈雷彗星的是中国人　(与新华社记者张继民的谈话)1985年10月2日《北

京科技报》。

2. 参加第十七届国际科学史大会情况 (与柯俊、李佩珊合作)《自然辩证法通讯》1985年第6期,75—77页。

3. 一行 《中国大百科全书·固体地球物理学》,408页,1985年。

1986年

1. 远东古代的天文纪录在现代天文学中的应用 《亚洲文明论丛》第1辑,1—10页,成都:四川人民出版社,1986年。

2. 东方天文学和科学的本质 (O.Gingerich原著)《科学学译丛》1986年第2期,32—34页。

*3.《徐光启研究论文集》前言 上海:学林出版社,1986年。

*4. 谢秉松《谈天说地话美景》序言 北京:地质出版社,1986年。

5. 东方天文学史讨论会在新德里举行 《科学史译丛》1986年第2期,77—79页。

1987年

*1. The Charcteristics of Ancient China's Astronomy *History of Oriental Astronomy* (Proceedings of IAU Colloquium No. 91), Cambridge: Cambridge University Press, 1987. 33—40

*2. 王韬与自然科学 《香港大学中文系集刊》第1卷第2期(中国科技史专号),265—272页,1987年。

3. 论中国古代天文学的社会功能 《科学史论集》(庆祝钱临照先生80寿辰),89—96页,合肥:中国科技大学出版社,1987年。

*4.《科学创造的艺术》序 北京:中国广播电视出版社,1987年。

*5. 宋应星的科学成就和哲学思想——纪念宋应星诞辰400周年 (与丘亮辉合作)1987年12月23日《科技日报》;又见《自然辩证法报》1987年第23期。

*6. 地心说和日心说 《中国大百科全书·哲学Ⅰ》,155页,1987年,北京、上海。

*7. 继往开来,任重道远(庆祝建所30周年) 1987年9月22日《科学报》。

1988年

1. "牛顿和世界科学"国际讨论会在莫斯科召开 《中国科技史料》第9卷第2期,92页,1988年。

*2. New Studies in the History of Chinese Astronomy: 1985—1987 *Vistas in Astronomy*, 第31卷,797—804页,1988年。

*3. 17、18世纪西方天文学对中国的影响 《自然科学史研究》第7卷第3期,237—241页,1988年;又见《中国科学史国际会议:1987京都シンポジウム报告书》,183—189页,日本:京都大学人文科学研究所,1992年;*China and the West* (Proceedings of the International Collouium, Brussels, November 23—25, 1987) Brussels; Paleis der Academien, 1993. 19—28

4. 郑毓德、王真译《自然观的演变》(桥本敬造等原著)序 北京大学出版社,1988年。

5. 科学史研究重镇——自然科学史研究所 《科学月刊》(台北)第19卷第9期,704—

705 页,1988 年。

1989 年

*1. 天文学在中国传统文化中的地位 《科学》(上海)第 41 卷第 2 期,90—96 页,1989 年;又见《天文爱好者》(北京)1989 年第 7 期,2—6 页,第 8 期,2—3 页。

*2. 敦煌残历定年 (与邓文宽合作)《中国历史博物馆馆刊》(北京)第 12 期(王振铎先生从事博物馆事业和科技史活动 50 周年专辑),12—22 页,1989 年。

*3.《天文学名著选译》序 北京:知识出版社,1989 年。

1990 年

1. 中国古代天文成就 《天文通讯》(台北)第 38 卷第 5 期,2—9 页,1990 年。

2. 中国科技史研究的回顾与前瞻 《科学史通讯》(台北)第 9 期,2—9 页,1990 年。

*3.《中国古代天文学史略》序 石家庄:河北科技出版社,1990 年。

4.《世界著名科学家传记·天文学家 Ⅰ》(主编) 北京:科学出版社,1990 年。

1991 年

*1. 陈子模型和早期对于太阳的测量 (与程贞一合作)《中国古代科学史论(续篇)》,367—384 页,日本:京都大学人文科学研究所,1991 年。

2. 科学服务于宗教:伊斯兰教的案例 (David A. King 原著)《科学对社会的影响》(中文版)第 40 卷第 3 期,54—70 页,1991 年。

*3. 在"《九章算术》暨刘徽学术思想"国际研讨会开幕式上的讲话 《北京师范大学学报》(自然科学版)第 27 卷增刊 3,6—7 页,1991 年。

*4.《当代国外天文学哲学》(译文集)序 北京:知识出版社,1991 年。

1992 年

*1. 敦煌卷子中的星经和玄象诗 《中国传统科技文化探胜》(纪念科技史学家严敦杰论文集),45—66 页,北京:科学出版社,1992 年。

*2. 孔子思想与科技 (与程贞一合作)《中国图书文史论集》(钱存训先生 80 生日纪念),北京:现代出版社,278—298 页;台北:正中书局,217—231 页;1992 年。

3. 历史超新星新研究 《中国科学院第六次学部委员大会学术报告摘要汇编》,74—75 页,北京,1992 年。

4. 我们有最辉煌的文明史 (在中华炎黄文化研究会新春茶话会上的发言)中华炎黄文化研究会《简讯》1992 年第 1 期,6—7 页。

5. 台湾讲学归来 《海峡科技交流研究》1992 年第 2 期,21—23 页。

*6. 我与福建籍天文学家(《天文之星——福建籍著名天文学家》代序) 福州:福建科技出版社,1992 年。

*7. 朱文鑫 《中国现代科学家传记》第三集,242—246 页,北京:科学出版社,1992 年。

*8. 曾侯乙编钟时代之前中国与巴比仑音律和天文学的比较研究 (与程贞一、饶宗颐合作)《曾侯乙编钟研究》,388—433 页,武汉:湖北人民出版社,1992 年;*Tano - Tone Set-Bells of Marquis yi*,Singapore:World Scientific Publishing Co. 1994. 297—366。

*9.《中国古代科学与文化》序　长沙:国防科技大学出版社,1992年。

1993年

*1.科学史和历史科学　冯玉钦、张家治主编《中国科学技术史学术讨论会论文集(1991·太原)》,60—69页,北京:科学技术文献出版社,1993年。

2.让祖国天文遗产重放光芒　《中国科学院院刊》第8卷第3期,247—248页,1993年。

*3.《陈久金集》序　哈尔滨:黑龙江教育出版社,1993年。

*4. The Yao Dian and the Origins of Astronomy in China (with Joseph C. Y. Chen) *Astronomies and Cultures* (Paper delivered from the Third "Oxford", International Symposium on Archaeoastronomy, St. Andrews, UK, September, 1990, ed, by Clive L. N. Ruggles and Nicholas J. Saunders, University Press of Colorado, 1993. 32—66

1994年

*1.蟹状星云940周年　《天文爱好者》1994年第1期,2—5页;此文以后又以"蟹状星云与中国客星"为题刊于《地球信息》(1997年)、《科学中国人》(2001年)。

2.《古新星新表》评用选　宋正海等主编《历史自然学的理论与实践》(天地生人综合研究论文集),59—68页,北京:学苑出版社,1994年。

3.传统文化中的科学精神　1994年8月22日《光明日报》;又见《美芝灵国际易学研究院通讯》第6期,1994年12月20日。

*4.杰出科学史家李约瑟　(1994年6月7日在中国科学院第七次院士大会上的发言)《中国科技史料》第15卷第3期,35—39页,1994年。

*5.《科学史八讲》　台北:联经出版事业公司,1994年8月。

6.难忘的1956年——忆中国科学院自然科学史研究所的建立　1994年11月9日《中国科学报》。

*7. Ferdinand Verbiest's Contributions to Chinese Science　*Ferdinand Verbiest* (1623—1688): *Jesuit Missionary, Scientist, Engineer and Diplomat* ed by John W. Witek (Monumenta Serica Monograph Series 30), 183—211
Jointly published by Institut Monumenta Serica, Sanlet Augustin and Ferdinand Verbiest Foundation, Leuven; 1994, Stealer Verlag, Nettetal, Germany. 中译见《传教士·科学家·工程师·外交家:南怀仁(1623—1688)》193—224页,北京:社会科学文献出版社,2001年。

8.《世界著名科学家传记·天文学家Ⅱ》(主编)　北京:科学出版社,1994年。

1995年

*1.天文学思想史　《自然辩证法百科全书》,536—542页,北京:中国大百科全书出版社,1995年。

*2.谈谈作为文化研究对象的"天"　《天文爱好者》1995年第1期,7—8页。

*3.改革创新　博大精神——纪念沈括逝世900周年　《天文爱好者》1995年第2期.2—3页,17页。

*4.南怀仁为什么没有制造望远镜　何丙郁等著《中国科技史论文集》,217—222页,台北:

联经出版事业公司,1995年。

*5. 叶企孙先生的科学史思想,钱伟长主编《一代师表叶企孙》,185—189页,上海科学技术出版社,1995年。

6. 哲人仙去,功业永存——悼念李约瑟博士　1995年3月31日《人民日报》海外版;1995年4月10日《人民日报》;1995年4月25日《中国科学报》海外版。

7. 剑桥一日　《中华英才》1995年第18期。(本文获"南湖杯"世界华人"我的一天"征文特别奖)。

*8. 在剑桥圣玛丽大教堂李约瑟博士追思会上的讲话　《自然辩证法通讯》1995年第5期,42—43页。英文见 *Needhan Research Institute News letter*. No. 15(Sept. 1996).

9. 南怀仁　王思治、李鸿彬主编《清代人物传稿》(上编),第八卷,396—404页,北京:中华书局,1995年。

*10.《南阳汉代天文画像石研究》序　北京:民族出版社,1995年。

1996年

*1. 科学史与现代科学　《中国科学院院刊》第11卷第1期,33—38页,1996年;英译见 *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* 第10卷第2期,145—150页,1996年;周光召主编《科技进步与学科发展》,(下册),904—907页,北京:中国科学技术出版社,1998年;宋正海、孙关龙主编《中国传统文化与现代科学技术》,74—78页,杭州:浙江教育出版社,1999年;《科学新闻》2001年第31期,19页;《学会》(科技交流月刊)2002年第3期,18—21页。

*2. 阴阳爻与二进制——读莱布尼兹致白晋的一封信　《国际易学研究》第2辑,14—20页,1996年。

*3. 关于"李约瑟难题"和近代科学源于希腊的对话　《科学》第48卷第4期,32—34页,1996年。又见宋正海、孙关龙主编《边缘地带——来自学术前沿的报告》,北京:学苑出版社,1999年。

4. 天文学研究与"夏商周断代工程"　《寻根》1996年第5期,8—9页。

5. 先哲名言是道德教育的好题材　《求是》1996年第10期,14—15页;《二十一世纪中国社会发展战略研究文集》(卓然文化有限公司),1999年。

6. 自述　《中国科学院院士自述》,168—169页,上海教育出版社,1996年。

1997年

1. 夏商周断代工程中的天文课题　1997年2月23日《中国文物报》。

*2. 中国科学的传统与未来　朱光亚、周光召主编《共同走向科学——百名院士科技系列报告集》第3册,1—17页,北京:新华出版社,1997年3月;中国科学院自然科学史研究所编《科技发展的历史借鉴与成功启示》,27—47页,北京:科学出版社,1998年;英译见 *Balletin of the Chinese Academy of Sciences*, Vol. 15, No 2, 2001.

*3. 中国科学院自然科学史研究所40年　《自然科学史研究》第16卷第2期(中国科学院自然科学史研究所建所40周年纪念专号),101—108页,1997年。

4. Chinese Astronomical Records and the Xia-Shang-Zhou Chronology Project　*Proceedings of the Geo-Informatics Conference of the International Eurasian Academy of Sciences*

and the 4th Internatioinal Workshop of Geographical Information System. Vol.2, Beijing: 1997. 1075—1079

5. 彩色插图中国科学技术史 （与卢嘉锡合编，副主编王渝生、华觉明）中国科学技术出版社、祥云（美国）出版公司，1997年。

*6. 真金不怕火炼——布鲁诺的故事 1997年3月29日天津《今晚报》；收入郭长久主编《博导晚谈录》，天津人民出版社，1998年。

7. 展示世界科技发展历史的长卷——评《世界科技发展史画库》 1997年3月29日《光明日报》。

*8. 天文学在夏商周断代工程中的作用 《天文爱好者》1997年第4期，2—5页。

*9. 《中国近现代科学技术史》序 长沙：湖南教育出版社，1—2页，1997年；1998年2月7日《光明日报》"理论与学术"版转载，题为《中国近现代科技研究新进展》。

*10. 《中国少数民族科学技术史》丛书序 南宁：广西科学技术出版社，1996年。

*11. 《武王克商之年研究》序 北京师范大学出版社，1997年。

1998年

1. 一部书中精品——评殷登祥主编"科学技术与社会"丛书 1998年3月23日《光明日报》。

*2. 王应伟遗著《中国古历通解》序 沈阳：辽宁教育出版社，1998年。

1999年

1. 决心与恒心 韩存志主编《新世纪的嘱托——院士寄语青年》，298—301页，上海教育出版社，1999年。

*2. 中国传统文化里的科学方法 《名家讲演录》之一，上海科技教育出版社，1999年；收入杨东雄主编《智者的思考》537—561页，北京：国防大学出版社，2002年。

*3. Current State of Scholarship in China on the History of East Asian Science, *Current Perspectives in the History of Scienc in East Asia*. (a selection of papers presented at the 8th International conference on the History of Science in East Asia), ed. by Yung Sik Kim and Fancesca Bray. Seoul: Seoul National University Press, 1999. 21—27

4. 科学技术与古代中国 1999年1月6日《科技日报》。

5. 正确看待中国古代科学 1999年3月12日《北京科技报》。

*6. 《敦煌天文历法文献辑校》序 1999年7月2日《光明日报》。

*7. 五星错行与夏商分界 《夏商周断代工程简报》第75期，1999年11月25日。

8. 《贵州少数民族天文学史研究》序 贵阳：贵州科学技术出版社，1999年。

9. 20世纪中国学者的天文学史研究 （与陈美东合作）《天文爱好者》1999年5期，2—4页。

*10. 《张衡研究》序 北京：西苑出版社，1999年。

2000年

1. 中国传统科学思想的回顾 《自然辩证法通讯》2000年第1期，56—68页。

*2. 论康熙科学政策的失误 《自然科学史研究》第19卷第1期，18—29页，2000年；《中

国科学院研究生院科学技术哲学论文选编(1997—2002年)》,中国科学院研究生院,2002年;Historical Perspectives on East Asian Science, Technology and Medicine. edited by Alan K. L. Chan et al, P69—78. Singapore University Press and World Scientific Press, 2002.

*3. 钱临照先生对中国科学史事业的贡献 《中国科技史料》第21卷第2期,102—108页,2000年。

*4. 李约瑟论《周易》对科学的影响,《自然科学史研究》第19卷第4期,332—336页,2000年;《科学技术哲学》2001年第1期,91—95页。

*5. 中国科学技术史学会20年 《中国科技史料》第21卷第4期,289—296页,2000年。

*6.《祖冲之科学著作校释》序 沈阳:辽宁教育出版社,2000年;《天文爱好者》2000年第4期,2—3页;《中华读书报》2000年6月14日第24版;《科技文摘报》2000年6月30日;《祖冲之纪念文集》39—44页,昆山市科学技术学会,2001年。

*7.《王锡阐研究文集》序 石家庄:河北科学技术出版社,2000年。

*8.《人类认识世界的五个里程碑》(国家重点图书"院士科普书系"之一)(主编) 清华大学出版社、暨南大学出版社,2000年。

9. 谈谈"勤谨和缓" 天津《今晚报》"院士笔谈"专栏,2000年6月10日。

*10. 三个确定,一个否定——夏商周断代工程中的天文成果 《中国文物报》2000年11月19日第3版;《天文爱好者》2001年第1期,2—4页;《中原文物》2001年第2期,23—24页。

11. 科技创新的摇篮——评阎康年《贝尔实验室——现代高科技的摇篮》、《卡文迪什实验室——现代科学革命的圣地》两书 《中国图书评论》2000年第9期,34—35页。

2001年

*1. 科学精神:公正、客观、实事求是 王大珩、于光远主编《论科学精神》,31—37页,北京:中央编译出版社,2001年4月;《中学历史教学参考》(西安)2001年第6期,4—5页。

*2.《世界杰出天文学家落下闳》序 成都:四川辞书出版社,2001年。

3.《中国科学技术史·科学思想卷》(主编) 北京:科学出版社,2001年。

4. 科学史纵横谈:答《科学时报》记者陈盈问 2001年5月18日和5月25日《科学时报·读书周刊》B3版;又见刘兵主编《补天——科学文化名人访谈录》,58—68页,福州:福建教育出版社,2002年。

2002年

*1. A Survey of the Xia-Shang-Zhou Chronoly Project *Bulletion of the Chinese Academy of Sciences*. Vol. 16, No. 1, 2002. 34—41

*2.《中国科学史论集》序二 台北:台湾大学出版中心,2002年;《李学通报》总第30期(2002年冬季号),1—2页。

*3.《中国道教科学技术史》序 北京:科学出版社,2002年4月;《中华文化论坛》2002年第3期,99—100页。

4. 人类认识世界的五个里程碑 《科学中国人》2002年第4期,15—17页。

*5. 不用为用，众用所基——论基础研究的重要性　《科学中国人》，2002年第11期，10—13页；王文章、侯样祥主编《中国学者心中的科学与人文（科学卷）》，473—490页，昆明：云南教育出版社，2002年。

6. 科学精神就是“求是”——答《科学与无神论》杂志记者孙倩　《科学与无神论》2002年第5期，10—11页。

7.《科学的历程》第二版序　北京大学出版社，2002年。

8. 在全国地方科技史志研究会第6次代表大会暨第17次学术研讨会上的讲话　《科技史志》2002年第1—2期合刊，11—12页。

9.《技术史研究》序　哈尔滨工业大学出版社，2002年。

人 名 索 引

中文人名索引

A

B

C

D

E

F

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

W

X

Y

Z

西文人名索引
（含中文人名汉语拼音）

A

B

C

D

E

F

G

H

M

N

O

P

Q

R

S

T

V

W

X

Y

Z

文 献 索 引

中文文献索引

D

E

F

G

H

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

W

X

Y

Z

西文文献索引

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y